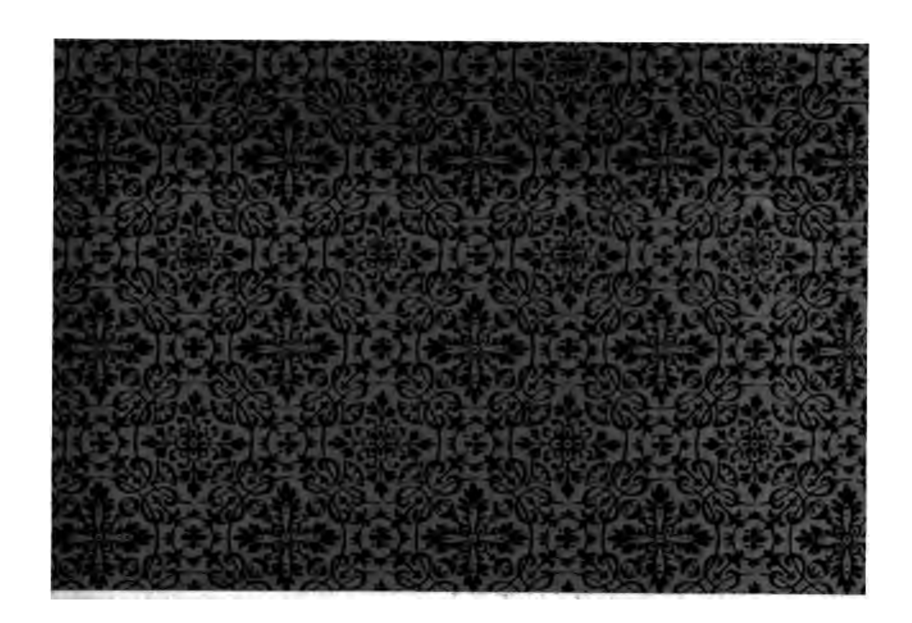
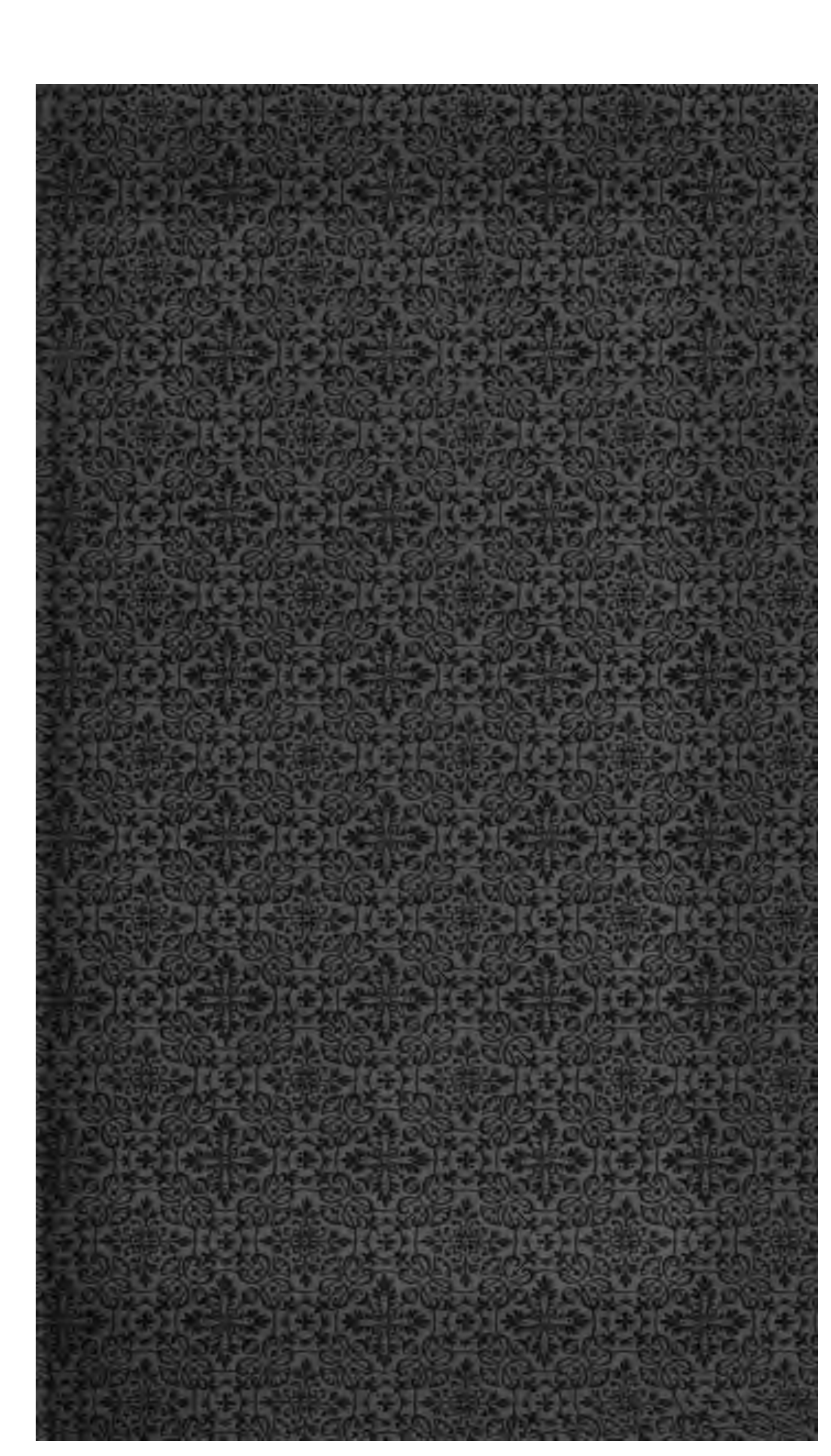










Göthe im Recht

gegen

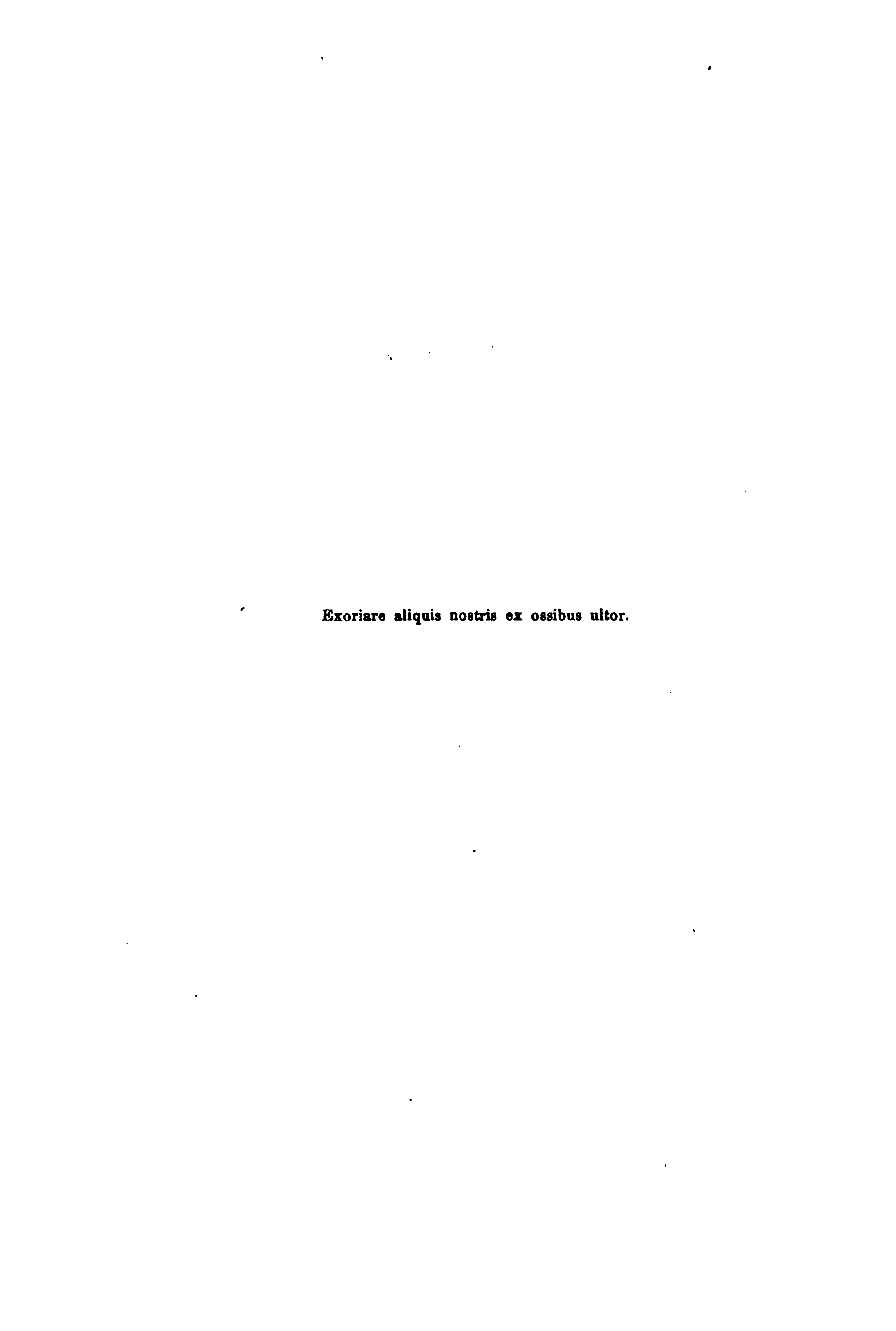
Newton.

Von

F. Grävell.

Mit Tafeln.

Berlin, 1857.
Verlag von F. A. Herbig.



Exoriare aliquis nostris ex ossibus ultor.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
Die Urtheile der Physiker	5
Die streitigen Punkte	13
Die Farbenlehre in der heutigen Physik	36
Der von Newton vergessene Winkel	50
Der Rechenfehler der Wellenlängen	105
Die Nemesis der Geschichte	162
Anhang	180
Citate	185
Erklärung der Tafeln	188

Druckfehler-Verzeichniß.

Die geneigten Leser werden um die Berichtigung der folgenden sinnentstellenden Druckfehler ersucht:

S. 22, Zeile 13 v. u. lies: allenfalls, statt ebenfalls.
S. 27, Z. 16 v. o. lies: Glassorten, st. Glasfarben.
S. 45, Z. 18 v. o. lies: Was, st. Wer.
S. 61, Z. 17 v. o. lies: erstere, st. erstern.
Ebendas. Z. 13 v. u. der nämliche Fehler.
S. 115, Z. 2 v. u. lies: der, st. den.
S. 173, Z. 2 v. o. lies: concise, st. Concise.
Ebendas. Z. 13. v. o. lies: e, st. et.

Die folgenden Blätter beschäftigen sich mit einem Fall der merkwürdigsten Art, dem Beispiele eines fehlerhaften Urtheils, wie es kaum großartiger jemals in der Geschichte der Wissenschaften vorgekommen ist. Der Fall ist um so merkwürdiger, da dieses fehlerhafte Urtheil zum Nachtheil einer Persönlichkeit verbreitet wurde, welche auf der Stufenleiter menschlicher Größe und Tüchtigkeit unbestritten eine der erhabensten Stellen einnimmt. Wäre die fehlerhafte Kunstkritik des Königs Midas nicht von Apollo auf so eigenthümliche Art bestraft worden, so könnte uns ein Vergleich mit diesem Falle in den Sinn kommen. Aber die Art der Strafe nöthigt dazu, uns dieses Vergleichs zu entschlagen, da wir auch den falschen Urtheilssprechern gegenüber an guter Lebensart festzuhalten uns verpflichtet fühlen, der gemäß wir sie nur beschämt, aber nicht bestraft, geschweige auf so bedenkliche Art durch eine Apollonische Laune bestraft zu sehen wünschen können. Das Letztere muß für diesen Fall unanwendbar erscheinen, da wir an jenem in Rede stehenden falschen Urtheile Männer betheiligt finden, welche nicht nur in der höchsten Achtung der Welt stehen, sondern dieselbe verdienen. Hier bleibt uns nur übrig, leise den Kopf schüttelnd, uns lächelnd die Möglichkeit ins Bewußtsein zurückzurufen, daß auch den größten der menschlichen Größen der Irrthum nahbar bleibt. Unsere Erörterung gilt der Göthe'schen Farbenlehre, einem zwar oft genannten, aber wenig gekannten, noch weniger vom größeren Publikum untersuchten und geprüften Gegenstande, wiewohl dieselbe eine aufmerksame Beachtung allein schon des Interesses wegen verdient, welches

sich an zwei so bedeutende Namen, wie Göthe und Newton, knüpft, welche wir auf diesem Gebiete einander schroff gegenüberstehend antreffen.

Da neuerdings über eine Umwandlung jenes bisher verbreiteten falschen Urtheils nichts verlautet hat, so glaube ich, wird die Veröffentlichung der vorliegenden, der Beleuchtung dieses Urtheils gewidmeten Schrift, wiewohl ich das Manuscript derselben, theils durch anderweitige Obliegenheiten, theils durch ein anhaltendes Körperleiden verhindert, über ein Jahr unbeendigt im Schreibpulte mußte liegen lassen, noch nicht zu spät kommen. An der Zeit möchte es aber sein, daß dem Nebelgebild einer unedlen Sophistik, welches, nicht zur Ehre der Menschheit und der dabei Betheiligten, in einer Wissenschaft, die ihre Fundamente etwas sicherer als auf dissolving views zu gründen verpflichtet scheint, überlange ihr Wesen getrieben hat, der mathematische Gnadenstoß zu Theil werde, damit das unglückliche zum Spuken verurtheilte Gespenst zur Ruhe komme. Wir hoffen aber — ohne uns weitere prophetische Gaben zuzutrauen — daß es endlich diese Ruhe, und zwar in einer nicht zu langen Frist, finden werde. So glänzend die Vergangenheit für dasselbe gewesen ist, so möchte es doch seine Blüthezeit hinter sich haben, und vielleicht werden keine zehn Jahre mehr über die Erde dahingehn, so wird aus einem physikalischen Handbuch nach dem andern jener die Wissenschaft verunehrende Nebelfleck verschwinden. Wenn sich das größere Publikum die geringe Mühe nicht verdrießen lassen will, sich selbst von den hohlen Blößen dieses Nebelfleckes zu überführen — und wir haben es als unsere Pflicht erachtet, dem Publikum diese Mühe so leicht wie möglich zu machen — so wird der Zeitpunkt gekommen sein, wo die Göthe'sche Vorhersage[1]) ihrer Erfüllung sich naht, daß eine Zuhörerschaft, vor der man die Erklärung der Farben mit dem Einfallen eines Lichtstrahls durch das verhängnißvolle „kleine Loch" begönne, von einem lächelnden Murmeln, oder, wenn diese Zuhörerschaft dem zarteren Geschlecht angehört, von einem kichernden Lachen erschüttert werden würde, es wird der Zeitpunkt gekommen sein, wo man Bücher kopfschüttelnd aus der Hand legen würde, welche noch den naiven Standpunkt einhalten, die Erscheinungen der Natur durch untergeschobene Gottheiten, nach Art des weiland

in der Chemie beliebten Gottes Phlogiston, erklären zu wollen. Wenn man auch vielleicht mit einiger Wehmuth den scheidenden, mit dem Laufpaß heimgeschickten Göttern nachblicken mag, an deren Scheiden sich die wenig angenehme Mühe knüpft, das Kapitel der Farbenlehre in den physikalischen Lehrbüchern auf's Neue von vorn anfangen und es mit weniger glänzenden Aushängeschildern decorirt auftreten lassen zu müssen, so wird diese Mühe doch nur einen Verlust geträumter Vollkommenheit, dafür aber einen Gewinn an Ehrlichkeit und wahrer Wissenschaftlichkeit in sich schließen.

Eine Bürgschaft für den Eintritt dieser Wendung kann jedoch nur dann gegeben werden, wenn das größere Publikum der Verhandlung dieses merkwürdigen und der Beachtung so werthen Rechtsfalls einige Theilnahme zuzuwenden sich entschließt. Nur dann, wenn durch die in diesem Falle so leicht zu handhabenden Mittel zur Aufklärung eine allgemeinere Ueberführung von dem so lange ausgeübten Unrecht erfolgt ist, wird man sich auf der andern Seite genöthigt sehen, mit einem bessern Urtheil aufzutreten. Deshalb ergeht mein Gesuch an die Presse der gesammten gebildeten Welt, so weit derselben nicht etwa durch eine englische Verliebtheit in die Größe Newton's die Hände gebunden sind, namentlich aber an die Presse Deutschlands, auf den vorliegenden Fall, welcher durch die eigenthümlichen Umstände seines Thatbestandes wahrhaft einzig in der Geschichte dasteht, nicht bloß obenhin, sondern durch eine ausführliche und gründliche Erörterung die Aufmerksamkeit des Publikums zu lenken. Denn nur der mangelnden Beachtung allein ist die Schuld davon beizumessen, daß Göthe in's Grab sank, ohne den gerechten Triumph einer Sache zu erleben, welcher er sein ganzes Leben hindurch mit der Klarheit seines durchdringenden Geistes die regste Aufmerksamkeit gewidmet hatte. Auch an Göthe bestätigte sich also, wenigstens in Betreff der Farbenlehre, die bekannte deutsche Langsamkeit, welche mit der Anerkennung eines Verdienstes so oft wartet, bis der, dem es zu danken war, schon viele Jahre unter der Erde ruht. Will man bei der bisherigen Theilnahmlosigkeit für diese Angelegenheit verharren, so ist es möglich, daß dasselbe irrige Dogma, wenn auch nicht nochmals zweihundert, so doch vielleicht noch fünfzig Jahre, nicht von

Stümpern, sondern von den Koryphäen der Wissenschaft arglos nachgesprochen wird.

Da die schon seit lange angefachte, aber bisher noch nicht ausgefochtene Streitfrage, welche wir hier darzulegen haben, eine nicht unbedeutend erregte Bitterkeit zu Tage gefördert hat, so mußte dies als eine Mahnung gelten, unter Vermeidung einer so wenig ersprießlichen Beithat, bei der Behandlung des Gegenstandes überall die Ruhe herrschen zu lassen, welche das Gefolge sicherer Waffen bildet. Unter dieser Ruhe darf freilich nicht die Abschwächung einer schlagenden Beleuchtung verstanden werden, da es vielmehr die Pflicht des Anwalts erheischt, die wesentlichen Rechtspunkte so scharf wie möglich an's Licht zu stellen. Dieser Zweck läßt sich aber erreichen, ohne in die bei juridischen Verhandlungen verpönten Schmähungen der Gegenpartei zu verfallen. Um der strengsten Unparteilichkeit Rechnung zu tragen, hielt ich es für dienlich, nach dem Muster eines juridisch actenmäßigen Verfahrens, manche Aussagen für und wider wortgetreu aufzunehmen, und überhaupt für keine wesentliche Behauptung die Angabe ihres Beleges fehlen zu lassen. Um aber den Text nicht mit zahlreichen Einschaltungen und Anmerkungen zu unterbrechen, welche immer störend wirken, schien es mir am Zweckmäßigsten, die im Text nur durch Ziffern angedeuteten Nachweise der Belagsstellen am Schlusse der Schrift zusammenzustellen. Möge dieselbe ihre Aufgabe erfüllen, ein schweres Unrecht, um so schwerer, je stärker es verjährt ist, abzustellen, und dem wahren Verdienste die lange vorenthaltene Anerkennung zu sichern.

Die Urtheile der Physiker.

Die über Göthe's Farbenlehre verbreitete Meinung ist im Allgemeinen keine günstige zu nennen. Bringt man bei einem Physiker die Rede auf dieselbe, so kann man sicher darauf rechnen, achselzuckende Aeußerungen zu vernehmen, bei denen die Andeutungen über ein unzweifelhaftes Fiasco, welches Göthe mit diesem Versuch gemacht haben soll, höchstens mit einigen anerkennenden Worten über die sonstigen Verdienste des großen Mannes überzuckert zu werden pflegen. Wiewohl diese Urtheile der Physiker ziemlich bekannt sind, so mag es doch nicht überflüssig sein, etwas von denselben wortgetreu anzuführen, um den Lesern die Entschiedenheit, mit welcher die Verurtheilung der Göthe'schen Farbenlehre von dieser Seite stattfand, zu vergegenwärtigen. Um aber nicht etwas aus einem unbedeutenderen Munde Stammendes vorzubringen, will ich mich nur auf die Aeußerungen einer in dem Gebiete der Physik wohlbekannten Autorität berufen. Es liegt mir in neuester Auflage die „Darstellung der Farbenlehre" meines hochgeschätzten Lehrers Dove vor, welche, außer andern auf die Göthe'sche Farbenlehre bezüglichen Aeußerungen, die folgende Stelle enthält:[2])

„Wer sich auch nur oberflächlich mit der empirischen Seite der Optik vertraut gemacht hat, muß erstaunen, wenn er hört, daß die scheinbar unendliche Mannigfaltigkeit der Erscheinungen sich zusammenfassen läßt unter dem einfachen Gesichtspunkte, daß der Eindruck des Lichtes durch Schwingungen eines elastischen

Mediums erregt werde, deren Anzahl die Farbe bestimmt, von deren Weite die Helligkeit abhängt, deren lineare, kreisförmige oder elliptische Gestalt ihre Polarisation hervorbringt. Bei einer nähern Betrachtung dessen, wovon jetzt im Reiche des Lichtes die Rede ist, wird er einsehen, daß das Vertrauen auf seine Verfassung gerechtfertigt erscheint, denn diese besitzt Elasticität genug, um neue Elemente in sich aufzunehmen, und eine hinlänglich befestigte Grundlage, um nicht von ihnen überwältigt zu werden. Er wird es dann auch begreiflich finden, daß ein Physiker die Frage, welcher jener beiden optischen Theorieen er folge, (der Emanations- oder der Undulationstheorie), überhört, da ihre Antwort sich von selbst versteht."

„Aber nicht diese Frage ist es, zu deren Beantwortung man in Deutschland aufgefordert wird. In den Worten: sind Sie ein Anhänger der Newton'schen oder der Göthe'schen Farbenlehre, glauben viele eine Zauberformel zu haben, um sogleich zu entscheiden, ob der Gefragte „„auch zu der Gilde gehöre, welche den Unsinn nachbete, den man nun fast hundert Jahre als Glaubensbekenntniß wiederhole."" Soll man Solchen Rede stehen, denen eben so wenig an der Wissenschaft liegt, als der Wissenschaft an ihnen? Als Talleyrand nach der Julirevolution in London von einem Diplomaten gefragt wurde, was nun werden würde, Krieg oder Frieden, sagte er in seiner treffenden Weise: ni l'un ni l'autre. Dieselbe Antwort, doch in einem andern Sinne, paßt auf jene Frage. Sie nicht mißverstehen, setzt aber voraus, daß man wisse, um was es sich in der Farbenlehre handelt."

„Es giebt eine andere höchst achtungswerthe Klasse von Fragern. Wenn man Eckermann's Gespräche mit Göthe liest, so fühlt man, daß in Göthe's Persönlichkeit etwas so Imponirendes und Hohes gelegen habe, daß ihm gegenüber jeder Widerspruch verstummte. Auch aus der Ferne hat er auf Viele so gewirkt. Diese vergessen, daß die Natur immer Recht hat, wir ihr gegenüber uns aber häufig irren, bald dieser, bald jener. Und kann man es ihnen verargen, daß sie sich gefangen geben in den Zauber der Darstellung, wie er in der Farbenlehre herrscht? Giebt es irgendwo anders einen Styl von so durchsichtiger Klarheit und von so leidenschaftlicher Wärme, durch-

bringen sich wohl anderswo so innig wie hier jene scheinbar heterogenen Elemente der Sprache, die im Werther und den Wahlverwandtschaften als gleich vollendete Extreme auseinanderfallen? Was soll man diesen antworten, die nicht gern an einem irre werden möchten, und doch zuletzt die Frage nicht unterdrücken können: was halten Sie von der Göthe'schen Farbenlehre?"

Man kann sich nicht verhehlen, daß diese Aussprüche Dove's der Göthe'schen Farbenlehre, bei allem Lobe ihrer stylistischen Vorzüge, nichts weniger als günstig sind. Denn es ist ziemlich deutlich darin zu verstehen gegeben, daß Göthe's Werk den bei Einzelnen errungenen Erfolg im Grunde nur der imponirenden Darstellungsgabe des Verfassers zu verdanken habe, daß im Uebrigen in Betreff des wissenschaftlichen Werthes desselben von einem Vergleich mit den Leistungen eines Newton keine Rede sein könne.

Daß in Folge dieser von den Physikern stets in derselben Weise bis auf den heutigen Tag wiederholten Aussprüche sich eine ähnliche Ansicht über die Göthe'sche Farbenlehre beim Publikum festgestellt hat, kann nicht verwundern. Denn wo sollte man ein gediegeneres Urtheil suchen, als bei den Sachverständigen, von denen die beste und gründlichste Uebersicht des ihr Fach Betreffenden mindestens zu erwarten sein sollte? Es ist daher sehr natürlich, daß ihr Urtheil immer ein erhebliches, ja Ausschlag gebendes Gewicht in die Wagschale legt.

Die Physiker hatten ihre Gründe, welche sie bestimmten, wie Dove es betont,[3]) „selbst nach dem Erscheinen von Göthe's Farbenlehre" — ich frage die Leser, ob es eine entschiedenere Verurtheilung der letztern als dieses „selbst nach" geben kann — von der Newton'schen Farbenlehre nicht abzugehen. Vergegenwärtigt man sich dagegen den ausnehmend klaren Blick, der uns aus jeder Auffassung Göthe's entgegentritt, so wird man dennoch zu der Vermuthung veranlaßt, daß die Gründe, welche ihn zu einem so ausdauernden Gegner jener Farbenlehre machten, wohl nicht ganz gehaltlose gewesen sein können. In dieser Vermuthung sieht man sich bestärkt, wenn man mit jenen Urtheilen der Physiker, wie es das Audiatur et altera pars erfordert, Aeußerungen von der anderen Seite vergleicht. Die Leser wer-

den mir, glaube ich, beistimmen, daß die Sache ein ganz anderes Aussehn gewinnt, als es nach jenem Urtheile der Physiker anzunehmen wäre, wenn sie hören, was Schopenhauer in das Göthe-Album seiner Vaterstadt geschrieben hat, wo er sich folgendermaßen äußert:[4])

„Nicht bekränzte Monumente, noch Kanonensalven, noch Glockengeläute, geschweige Festmahle mit Reden, reichen hin, das schwere und empörende Unrecht zu sühnen, welches Göthe erleidet in Betreff seiner Farbenlehre. Denn, statt daß die vollkommene Wahrheit und hohe Vortrefflichkeit derselben gerechte Anerkennung gefunden hätte, gilt sie allgemein für einen verfehlten Versuch, über welchen, wie jüngst eine Zeitschrift sich ausdrückte, die Leute vom Fache nur lächeln, ja, für eine mit Nachsicht und Vergessenheit zu bedeckende Schwäche des großen Mannes. — Diese beispiellose Ungerechtigkeit, diese unerhörte Verkehrung aller Wahrheit, ist nur dadurch möglich geworden, daß ein stumpfes, träges, gleichgültiges, urtheilsloses, folglich leicht betrogenes Publikum in dieser Sache sich aller eigenen Untersuchung und Prüfung — so leicht auch, sogar ohne Vorkenntnisse, solche wäre — begeben hat, um sie den „Leuten von Fach," d. h. den Leuten, welche eine Wissenschaft nicht ihrer selbst, sondern des Lohnes wegen betreiben, anheimzustellen, und nun von diesen sich durch Machtsprüche und Grimassen imponiren läßt. Wollte nun ein Mal dieses Publikum nicht aus eigenen Mitteln urtheilen, sondern, wie die Unmündigen, sich durch Auktorität leiten lassen; so hätte doch wahrlich die Auktorität des größten Mannes, welchen, neben Kant, die Nation aufzuweisen hat, und noch dazu in einer Sache, die er, sein ganzes Leben hindurch, als seine Hauptangelegenheit betrieben hat, mehr Gewicht haben sollen, als die vieler Tausende solcher Gewerbsleute zusammengenommen. Was nun die Entscheidung dieser Fachmänner betrifft, so ist die ungeschminkte Wahrheit, daß sie sich erbärmlich geschämt haben, als zu Tage kam, daß sie das handgreiflich Falsche nicht nur sich hatten aufbinden lassen, sondern es hundert Jahre hindurch, ohne alle eigene Untersuchung und Prüfung, mit blindem Glauben, und andächtiger Bewunderung, verehrt, gelehrt und verbreitet haben, bis dann zuletzt ein alter Poet gekommen war, sie eines bessern zu belehren. Nach dieser nicht zu

verwindenden Demüthigung haben sie alsdann, wie Sünder pflegen, sich verstockt, die späte Belehrung trotzig von sich gewiesen und durch ein, jetzt schon vierzigjähriges, hartnäckiges Festhalten am aufgedeckten und nachgewiesenen offenbar Falschen, ja, Absurden, zwar Frist gewonnen, aber auch ihre Schuld verhundertfacht. Denn veritatem laborare nimis saepe, extingui nunquam, hat schon Livius gesagt: der Tag der Enttäuschung wird, er muß kommen: und dann? — Nun dann — „„wollen wir uns gebärden wie wir können."" (Egm. 3, 2)."

Hiermit können die Aussprüche Göthe's zusammengestellt werden, welche er in den „Nachträgen zur Farbenlehre" veröffentlicht hat,[5]) woraus die folgenden Stellen hervorzuheben sind:

„Der Verfasser eines Entwurfes der Farbenlehre wurde oft gefragt: warum er seinen Gegnern nicht antworte, welche mit so großer Heftigkeit seinen Bemühungen alles Verdienst absprechen, seine Darstellung als mangelhaft, seine Vorstellungsart als unzulässig, seine Behauptungen als unhaltbar, seine Gründe als unüberzeugend ausschreien. Hierauf ward einzelnen Freunden erwiedert: daß er von jeher zu aller Controvers wenig Zutrauen gehabt, deshalb er auch seine früheren Arbeiten nie bevorwortet, weil hinter einer Vorrede gewöhnlich eine Mißhelligkeit mit dem Leser versteckt sei. Auch hat er allen öffentlichen und heimlichen Angriffen auf sein Thun und Bemühen nichts entgegengestellt, als eine fortwährende Thätigkeit, die er sich nur durch Vermeidung alles Streites, welcher sowohl den Autor als das Publikum von der Hauptsache gewöhnlich ablenkt, zu erhalten entschlossen blieb; ich habe, sprach er, niemals Gegner gehabt, Widersacher viele."

„Ein Autor, der mit etwas Ungewöhnlichem auftritt, appellirt mit Recht an die Nachwelt, weil sie ja erst ein Tribunal bilden muß, vor dem das Ungewohnte beurtheilt werden kann, und einen solchen Gerichtshof einzusetzen vermag nur die Zeit, welche dem Seltsamsten das Fremde abstreift und es als etwas Bekanntes vor uns hinstellt."

Nachdem Göthe des günstigen Einflusses gedacht hat, den seine Abhandlung über Metamorphose der Pflanzen ausgeübt, fährt er fort:

„Eben so muß es mit der Farbenlehre auch werden; es

dauert vielleicht noch zwanzig Jahre, bis ein Tribunal sich bildet, vor welchem die Sache ventilirt und mit gerechter Einsicht entschieden werden kann. In diesem Fache läßt sich aber keine reine Erfahrungslehre aufstellen, wenn man nicht die unreine, hypothetische, falsche Newtonische Lehre oder vielmehr ihre Trümmer aus dem Wege räumt: denn sie ist gegenwärtig schon aufgelöst, weil man ihr alle Entdeckungen, die ihr geradezu widersprechen, dennoch hat anpassen, oder sie vielmehr darnach zerren und verstümmeln wollen. So mußte, nach Erfindung der achromatischen Gläser, zur Brechbarkeit noch eine Zerstreubarkeit gesellt werden, um sich nothdürftig theils im Vortrag, theils in Berechnungen durchhelfen zu können."

„Die Newtonische Phraseologie ist jedoch schon über hundert Jahre im Gange, alle alternde Physiker sind von Jugend auf eingelernt, auch Männern von mittlern Jahren ist sie geläufig, weil sie wie eine Art von Scheidemünze durchaus gebraucht wird. Dazu kommt noch, daß der Mathematiker den großen Ruf eines verdienten, allgemeinen Kunstgenossen nicht möchte ausdrücklich schmälern lassen, wenn er gleich im Einzelnen die Irrungen des außerordentlichen Mannes zugesteht. Noch bis auf den heutigen Tag werden junge Leute auf diese Weise ins Halbwahre und Falsche eingeweiht, und ich muß daher meinen Nachfahren hinterlassen, die Sache dereinst vor ein competentes Gericht zu bringen, weil ich den gleichzeitigen Schöppenstuhl durchaus nicht anerkenne."

„Es ist nichts jammervoller als die akademisch-optischen Apparate, welche das Jahr über verstauben und verblinden, bis das Kapitel an die Reihe kommt, wo der Lehrer kümmerliche Versuche von Licht und Farben gerne darstellen möchte, wenn nur die Sonne bei der Hand wäre. Es kann sein, daß irgendwo etwas einigermaßen Hinreichendes vorgezeigt werde, immer geschieht's aber nur nach dem kümmerlichen Anlaß der Compendien, in welchen sich die Newtonische Lehre, die doch anfangs wenigstens ein Abracadabra war, zu unzusammenhängenden Trivialitäten verschlechtert. Die Zeugnisse hiervon stehen schon in meiner Geschichte der Farbenlehre, und in den Sessionsberichten des künftigen Gerichts wird bei dieser Gelegenheit öfters stehen: man lacht!"

„Jeder Studirende fordere auf seiner Akademie vom Professor der Physik einen Vortrag sämmtlicher Phänomene, nach beliebiger Ordnung; fängt dieser aber den bisherigen Bocksbeutel damit an: „„Man lasse durch ein kleines Loch einen Lichtstrahl u. s. w."", so lache man ihn aus, verlasse die dunkle Kammer, erfreue sich am blauen Himmel und am glühenden Roth der untergehenden Sonne nach unserer Anleitung."

Nach diesen Aeußerungen der Gegenpartei möchte den Urtheilen der Physiker keine unfehlbare Bedeutung zuzusprechen sein, da für dieselben der immer sehr mißliche Umstand theilweise geltend gewesen zu sein scheint, daß sie Richter und Partei zugleich in einer Person waren. Jedenfalls lag nach diesen entgegenstehenden Aeußerungen Grund genug zu einer weitern Untersuchung vor, auf welcher Seite das Recht mehr liegen möchte. Zu dieser Untersuchung wurde ich nicht durch die erwähnten Aeußerungen Göthe's — denn auch ich gehörte zu den Opfern jener Urtheile der Physiker und hatte bis dahin die Göthe'sche Farbenlehre als etwas vermeintlich Werthloses nicht gelesen — sondern durch Schopenhauers Schriften[6]) veranlaßt.

Welches Resultat sich mir aus dem Verlaufe dieser Untersuchung ergeben hat, können die Leser aus dem Titel der vorliegenden Schrift errathen. Sie werden aber kaum eine Ahnung davon haben, in welchem Umfange das Zuerkenntniß des Rechts auf Göthe's Seite zuertheilt werden mußte, und welche Aufschlüsse höchst überraschender Art aus der Einsicht der zur Beleuchtung dieses Rechtsfalls dienenden Acten zu Tage gekommen sind. Sollte man es wohl für möglich halten, daß dem großen Mathematiker Newton bei der Aufstellung seiner Farbenlehre ein mathematisches Versehen sehr erheblicher Art begegnet war? Sollte man es für möglich halten, daß so vielen berühmten Physikern und Akademikern, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben — und wie groß ist die Zahl derselben in dem seither verflossenen Zeitraum von zweihundert Jahren nicht gewesen — dieses mathematische Versehen, so auffallend es war, doch nicht aufgefallen ist, und daß sie fortwährend als den Ausdruck der größten Genauigkeit das bewundert und gepriesen haben, was von einer überraschenden Ungenauigkeit Zeugniß giebt? Es erscheint so wunderbar, daß man sich unwillkürlich gegen diese Annahme

sträubt. Man setzt bei diesem Gedanken Mißtrauen in die eigenen Sinne und möchte lieber zehnmal an den eigenen Irrthum als an eine solche Möglichkeit glauben. Aber es hilft zu nichts. Von den mathematischen Linien gilt es noch viel mehr, was vom Worte gesagt ist, daß sich kein Jota von ihnen rauben läßt. Ihre Sprache ist unerbittlich. So viel man sie betrachtet, sie wanken und rühren sich nicht und wiederholen immer wieder denselben mahnenden Ruf. Einer solchen Hartnäckigkeit und Unerbittlichkeit gegenüber geht es zuletzt mit allem Sträuben zu Ende.

Da die Andeutung dieser wunderbaren Umstände, ohne die unmittelbare Folge der Beweise, leicht den Verdacht erregen könnte, daß man dem Publikum gegenüber die Rolle der Scheherzerade übernehmen wolle, so bitte ich die Leser sich einstweilen mit dem Versprechen zu beruhigen, daß die Vorführung der für diesen Proceß aufgefundenen Verbrechenskörper möglichst bald und rasch erfolgen soll. Um aber nicht durch eine überstürzende Eile jede vernünftige processualische Ordnung über den Haufen zu werfen, halte ich es für zweckmäßig, zur bessern Orientirung über die Sachlage, da gegenwärtig Göthe's Farbenlehre als ein in Deutschland vergessenes Werk dasteht, den Nachweisen, welche im vierten Abschnitt folgen werden, eine kurze Auseinandersetzung über die streitigen Punkte und den Standpunkt der Farbenlehre in der heutigen Physik vorauszuschicken.

Die streitigen Punkte.

Der wesentliche Unterschied zwischen der Göthe'schen und Newton'schen Farbenlehre besteht darin, daß nach Göthe die Farbe aus der Wechselwirkung zweier einander entgegenwirkenden Kräfte, des Lichts und einer diesem entgegenwirkenden Hemmung hervorgeht, während sie von Newton als eine schon ursprünglich vorhandene besondere Lichtart hingestellt wird, welche sich durch ein eigenthümliches Verhalten bei der Brechung und Spiegelung aus dem farblosen Lichte ausscheidet. Bei Göthe ist also die Farbe das Product zweier Factoren, bei Newton ist sie etwas für sich allein Bestehendes. Indem Göthe die Farbe „von dem Lichte und von dem, was sich ihm entgegenstellt"[7]) ableitet, bezeichnet er die gegen dasselbe sich äußernde Gegenwirkung theils als die Finsterniß, theils als ein Schattiges oder Trübes, oder im Allgemeinen als eine der Verbreitung oder Macht des Lichts entgegenwirkende Schranke. Die Farben gelten ihm hiernach als eine Mittelstufe zwischen Licht und Schatten, als „Halblichter" oder „Halbschatten", als etwas Schattiges, ein geschwächtes Licht, eine Abstufung oder „Abklingung" des vollen farblosen Lichts.[8]) Ganz anders verhält es sich bei Newton. Nach ihm wird das farblose Licht aus sieben besonderen Farbenlichtern zusammengesetzt, die ursprünglich schon, aber verborgen, in jenem vorhanden waren, so nämlich, daß sie sich gegenseitig zur Erscheinung des farblosen Lichts neutralisiren. Aus dem letztern sollen die besondern Farbenlichter dadurch zum Vorschein kommen,

daß ihre Brechbarkeit und Spiegelung nicht unter gleichen, sondern unter verschiedenen Winkeln stattfinde, so daß unter solchen Umständen, d. h. durch den Einfluß der Brechung und Spiegelung, das farblose Gesammtbündel der sieben farbigen Lichter nunmehr in seine einzelnen Strahlen, gleich den Sprossen eines Rades, auseinanderweiche. Bei Göthe sind also die Farben ein Product aus dem farblosen Lichte, bei Newton ist umgekehrt das letztere ein Product der sieben Farben.

Newton gerieth auf die Behandlung dieses Gegenstandes, indem er eine Verbesserung der Fernröhre durch eine andere Gestalt ihrer Gläser zu erzielen bedacht war. Er beobachtete, indem er bei dieser Gelegenheit die bei den Gläsern eintretenden Farbenerscheinungen untersuchte, das durch die Sonnenstrahlen mittelst eines Prismas hervorgerufene Farbenbild, das sogenannte Spectrum, und glaubte hier ein Conterfei der Tonleiter, eine Farbenstaffel, vor sich zu haben, in welcher die Farben, eine stetige Reihe der Unterordnung, wie die Töne bildend, nach bestimmten Gesetzen abgelenkt und ordnungsmäßig auseinandergebreitet wären. Einen Beweis, welche Rolle die gesuchte Aehnlichkeit mit den Tönen hierbei gespielt hat, giebt der Umstand, daß, offenbar der Gleichstellung mit den sieben Tönen zu Gefallen, aus den sechs Regenbogenfarben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violet, sieben gemacht wurden, indem zwischen dem Blau und Violet noch das Dunkelblau als besondere Farbe eingeschaltet wurde, für welche, da die Sprache gar keinen besondern Namen für diese Farbenart besaß, das Indigo den Namen hergeben mußte.

Wie es scheint, hatte sich bei Newton aus der länglichen Form des durch das Prisma erzeugten Farbenbildes der Sonne die Vorstellung erzeugt, daß die Entstehung desselben aus einer innern Eigenschaft des Lichts abzuleiten sei. Er suchte daher zunächst die Bedeutsamkeit aller äußern Bedingungen für die Entstehung dieser Erscheinung, welche bisher für berücksichtigungswerth gegolten hatten, zu widerlegen. Zu diesem Behufe legte er sich die folgenden sechs Fragen vor, welche er schließlich sämmtlich verneinend beantwortete, nämlich: 1) Trägt die verschiedene Dicke des Glases zur Farbenerscheinung bei? 2) In wiefern tragen größere oder kleinere Oeffnungen im Fensterladen zur Gestalt der Erscheinung, besonders zum Verhältniß ihrer

Länge zur Breite, bei? 3) Tragen die Grenzen des Hellen und Dunklen etwas zur Erscheinung bei? 4) Sind vielleicht Ungleichheiten und Fehler des Glases Schuld an der Erscheinung? 5) Hat das verschiedene Einfallen der Strahlen, welche von verschiedenen Theilen der Sonne herabkommen, Schuld an der farbigen Abweichung? 6) Ob vielleicht die Strahlen nach der Refraction sich in krummen Linien fortpflanzen und dadurch das so seltsam verlängerte Bild hervorbringen? — Ich denke, daß es den Lesern nicht unwillkommen sein wird, wenn ich ihnen die hier anzuführenden Stellen so vorführe, wie dieselben bei Göthe zu finden sind, da dessen Werke wenigstens für die deutschen Leser am Ehesten zur Hand sein werden.

Newton findet alle diese Beziehungen für die Form des prismatischen Spectrums ohne wesentlichen Einfluß, wobei er zum Theil mit den Beweisen wunderbar leicht fertig wird. Die erste der vorgelegten Fragen bezog sich auf die Ansichten einiger Vorgänger. Antonius de Dominis, Kircher und Andere glaubten die Ursache der prismatischen Farbenordnung darin gefunden zu haben, daß der hellere gelbe Farbensaum zunächst an der brechenden Kante des Prismas, also an der dünneren Stelle desselben, der dunklere blaue Saum, an dem entgegengesetzten, dem dickern Theil des Prismas, durchgehe. Newton hält es jedoch durch die Beobachtung, daß sich an jeder Stelle des Prismas das Spectrum erzeugen lasse, für ausgemacht, nicht nur daß die verschiedene Stärke, sondern daß überhaupt keine Form des Glases — ich bitte die Leser diesen kühnen Sprung in der Schlußfolgerung zu beachten — von Einfluß auf die Entstehung desselben sei. Die dritte Frage, ob die Grenzen des Hellen und Dunklen etwas zur Erscheinung beitragen, hält Newton dadurch für erledigt, daß die Farben ebenso sichtbar blieben, wenn er das Prisma vor die kleine Oeffnung in der dunklen Kammer, deren er sich bei seinen Versuchen immer bediente, als wie, wenn er dasselbe hinter jene Oeffnung hielt, wiewohl augenscheinlich durch die wechselnde Stellung des Prismas für die Begrenzung des Lichts keine wesentliche Veränderung veranlaßt und mithin durch diesen Versuch Newton's über die Beziehungen des Hellen und Dunklen überhaupt gar nichts ermittelt war.

Newton glaubt gleichwohl mit diesen und ähnlichen Beweis-

führungen alle Einflüsse äußerer Umstände für die Entstehung der Farben gründlich beseitigt zu haben, und ist nun mit dem Schluß fertig, daß die Farbe dem Licht eingeboren, die einzelnen Farben in ihren besonderen Zuständen schon als ursprüngliche, separate Lichter im Lichte enthalten wären, welche, nur durch durch die Brechung und ähnliche Bedingungen zum Vorschein kommend, sich in ihrer Uranfänglichkeit und Unveränderlichkeit darstellten. [9])

Durch weitere Versuche, indem er bei der Anwendung eines zweiten Prismas aus einer Farbe vom Spectrum des ersten Prismas keine andere Farbe erhielt, und indem er durch ein Uebereinanderfallen einzelner Theile zweier Spectren weißes Licht veranzulassen vermochte, hält er sowohl die Unveränderlichkeit der Farbenlichter, wie die Zusammensetzung des weißen Lichts aus der Summe der Farbenlichter, für erwiesen.

Er folgert aus allem dem, daß eine Verbesserung der dioptrischen Fernröhre nicht zu erzielen sei, daß man sich deßhalb nur an die katoptrischen halten müsse, zu denen er eine neue Vorrichtung angab.

Die aus dem Lichte zum Vorschein kommenden Farbenlichter, bei denen er zwischen den sieben Hauptfarben unzählige Zwischenstufen annimmt, nennt Newton die homogenen, die gleich bleibenden, unveränderlichen Lichter, im Gegensatze zum farblosen Lichte, welches er als das heterogene, das nicht gleichartige, veränderliche bezeichnet, da aus diesem die Farben hervorbrechen können. Die farbigen Lichter sollen aber nicht als in ihrer besonderen Erscheinung im weißen Lichte schon fertig gedacht werden, sondern nur als farbenfähig, farbenmachend, colorific, wie Newton es nennt, indem ihnen im Grunde weiter nichts innewohnt, als eine gewisse „Disposition" zur Farbenerzeugung, für deren Eintritt Newton indessen einen bestimmten Anhalt nicht zu geben vermag. Vielmehr läßt er das Zustandekommen ihrer Erscheinung, außer der Behauptung ihres Auftretens unter verschiedenen Brechungswinkeln, im Uebrigen ganz unbestimmt, so daß dasselbe noch von einer besonderen Neigung der Farbenlichter abhängig erscheint, welche die weitere Bedingung dafür abgiebt, daß sie, unter gleichen Umständen, bald erscheinen und bald nicht erscheinen. Diese nicht näher festgestellte eigenthümliche Erschei-

nungsweise bezeichnet Newton mit dem durch seine unbestimmte Weite diesen Umständen sehr entsprechenden Namen der „Anwandlungen" der farbigen Lichter. Newton bestimmt schließlich mit mathematischer Genauigkeit die verschiedenen Ablenkungswinkel der homogenen Farben, indem er die Sinuslängen derselben berechnet. Er stellt hierbei die Farben ausdrücklich mit den Tönen zusammen, wobei er auf einmal eine früher geleugnete strenge Begrenzung der einzelnen Farben annimmt.

Es würde, wie ich glaube, mit Unrecht in Abrede gestellt werden, daß die Newton'sche Farbenlehre durch die Art ihrer Einführung — denn mit welchem Pathos der strengsten, unfehlbarsten Mathematik ist sie nicht von Newton vorgetragen! — vermöge des Nimbus einer außerordentlichen Schärfe und Genauigkeit, welche Newton über sie zu verbreiten gewußt hat, sehr wohl geeignet war einen imponirenden Eindruck zu machen. Der Gedanke, welcher sich bei der ersten Betrachtung derselben aufdrängt, daß es dem großen Manne gelungen war, nicht nur den Lichtstrahl in sieben und noch unzählige andere Lichtstrahlen zu zerspalten, sondern auch die verschiedenen Wege jedes einzelnen dieser Strahlen haarscharf, mit mathematischer Bestimmtheit, anzugeben, hat etwas Bestechliches und zur Bewunderung Anregendes. Die Versuchung war nahe gelegt, sich selbst für einen Tölpel zu halten, wenn man diesen außerordentlich zarten Farbenlichtern nicht hätte Beifall spenden, wenn man diese bestaccreditirten Kinder nicht gut hätte aufnehmen und die Unschicklichkeit hätte begehen wollen, sie, die Attachés der souveränen Mathematik, erst noch nach ihrem Paß zu fragen. Mußte es nicht vermessen erscheinen, etwas von dem in Zweifel ziehen zu wollen, was der große Mathematiker mit so außerordentlicher Genauigkeit schon bis ins kleinste Detail berechnet und festgestellt hatte? Mußte es nicht als thöricht gelten, in solchen genauen Bestimmungen einen Fehler annehmen oder es besser berechnen zu wollen, wie er, der große Meister, es berechnet hatte? Diese Eindrücke waren es, welche der erste Anblick der Newton'schen Theorie sehr wohl hervorbringen konnte, und unter denen aller Streit dagegen, wie Göthe richtig hervorhebt,[10]) „als verwegen, frech, ja als lächerlich und abgeschmackt weggewiesen und unterdrückt" wurde.

Am bezeichnendsten ist dieser imponirende Eindruck, welchen Newton's Farbenlehre hervorgebracht hatte, in der Lobrede abgespiegelt, welche Herr de Fontenelle in der Pariser Akademie der Newton'schen Optik gehalten hat. Es verdient daher ein Stück dieser Rede unserer Actensammlung um so mehr einverleibt zu werden, da dieselbe durch die später anzuführenden Thatsachen eine ganz eigenthümliche Beleuchtung erhalten wird. Herr de Fontenelle äußerte sich in dieser Rede folgendermaßen:

„Der Gegenstand dieser Optik ist durchaus die Anatomie des Lichts. Dieser Ausdruck ist nicht zu kühn, es ist die Sache selbst. Ein sehr kleiner Lichtstrahl, den man in eine vollkommen dunkle Kammer hereinläßt, der aber niemals so klein sein kann, daß er nicht noch eine unendliche Menge von Strahlen enthielte, wird getheilt, zerschnitten, so daß man nun die Elementarstrahlen hat, aus welchen er vorher zusammengesetzt war, die nun aber von einander getrennt sind, jeder von einer andern Farbe gefärbt, die nach dieser Trennung nicht mehr verändert werden können. Das Weiße also war der gesammte Strahl vor seiner Trennung, und entstand aus dem Gemisch aller dieser besondern Farben, der primitiven Lichtstrahlen. Die Trennung dieser Strahlen war so schwer, daß Herr Mariotte, als er auf das erste Gerücht von Herrn Newton's Erfahrungen diese Versuche unternahm, sie verfehlte, er, der so viel Genie für die Erfahrung hatte und dem es bei andern Gegenständen so sehr geglückt ist. Noch ein anderer Nutzen dieses Werks der Optik, so groß vielleicht als der, den man aus der großen Anzahl neuer Kenntnisse nehmen kann, womit man es angefüllt findet, ist, daß es ein vortreffliches Muster liefert der Kunst sich in der Experimentalphilosophie zu benehmen. Will man die Natur durch Erfahrungen und Beobachtungen fragen, so muß man sie fragen, wie Herr Newton, auf eine so gewandte und dringende Weise. Sachen die sich fast der Untersuchung entziehen, weil sie zu subtil sind, versteht er dem Calcul zu unterwerfen, der nicht allein das Wissen guter Geometer verlangt, sondern was mehr ist, eine besondere Geschicklichkeit. Die Anwendung, die er von seiner Geometrie macht, ist so fein, als seine Geometrie erhaben ist.“ [11])

Hat man sich aber von dem ersten überraschenden Eindruck, welchen die Newton'sche Farbentheorie hervorzubringen geeignet

ist, etwas erholt, und geht mit nüchternen Blicken an eine nähere Prüfung derselben, so wird man Manches an derselben verdächtig finden. Es machen sich grelle Widersprüche in derselben bemerklich, welche die ängstlichen Verklausulirungen, welche Newton überall einzuschalten für gut gefunden hat, wohl etwas vertuschen, aber nicht vollständig beseitigen können. Abgesehen davon, daß eine Uebereinstimmung seiner Aufstellungen mit den Erscheinungen in der Wirklichkeit ausbleibt, bemerkt man auch, daß seine vermeintlichen Beweise derselben nur captivirt, aber keineswegs wirklich geführt sind, wovon wir schon das eine sprechende Beispiel kennen gelernt haben, auf wie oberflächliche Weise er den Einfluß der Begrenzung zwischen Hellem und Dunklem für die prismatischen Farbenerscheinungen als einen durchaus unwesentlichen beseitigt zu haben glaubte. Nicht nur, daß seine Farbentheorie Vieles ganz unerklärt läßt, so ist das, was er darin erklärt zu haben meint, auch nur eine Erklärung durch unbekannte Größen, deren Existenz er von vornherein mit einem Complex von obligaten Eigenschaften creirt, ohne nur erst diese ihre Existenz überhaupt erwiesen zu haben. Wir werden später einige Belege dieser captivirenden Aufstellungsart in unserer Actensammlung beibringen.

Hinter der pomphaften, auf hohen mathematischen Stelzen einherschreitenden Declamation tritt ein Beigeschmack von Sophistik in ziemlich starken Dosen hervor, und ein prüfender Blick hinter die Coulissen zeigt, daß die glänzende Hülle der Genauigkeit im Grunde nur als Deckmantel für die Lücken an innerer Naturwahrheit dient, statt welcher ganz oberflächliche, aber imponirende Paraden dargeboten werden. So schrumpft nach und nach vor den nüchternen Blicken das glänzende Phänomen des angestaunten mathematischen Scharfsinns schließlich zu einem inhaltslosen Phantasiegewebe zusammen, welches mit einem Mährchen von verzauberten oder „verwunschenen" Prinzessinnen eine überraschende Aehnlichkeit verräth. Aber freilich war es ein mathematisch zugestutztes Mährchen! Wie weiland in der antiken Mythologie für jede Naturkraft eine besondere Gottheit aufgestellt, war so weiß auch Newton die Farben auf die leichteste Weise zu erklären, indem er ohne Weiteres in seinen homogenen Lichtern besondere Elementargeister für dieselben creirt. Diese zarten Elfenkinder, von denen jedes an die Bewe-

gung unter einem besondern Winkel gebannt ist, vermögen sich den Sterblichen nur zu zeigen, wenn sie mit Glas oder andern das Licht brechenden oder spiegelnden Körpern in Berührung kommen. Aber sie haben das Privilegium, unter solchen Umständen nicht zur Erscheinung genöthigt zu sein, sondern dazu bedarf es noch ihrer zustimmenden Neigung. Erscheinen sie daher unter gleichen Umständen, wo sie einmal erscheinen, ein anderes Mal nicht, so lag es daran, daß sie eigensinnig ihre Zustimmung zum Erscheinen verweigerten. Fürwahr mehr Götter ex machina, wie Newton in den wunderbaren Größen der gewissen „Disposition" und der unbestimmten „Anwandlungen" seinen homogenen Elementargeistern noch fürsorglich beigeklauselt hatte, konnte man unmöglich zur Erklärung einer Naturerscheinung zu Hülfe rufen. Es ist eine ganz ähnliche Geschichte, wie mit dem Gott Phlogiston, der weiland als Erklärer des Verbrennungsprocesses in der Chemie sein Wesen trieb, bis ihm Lavoisier mit der Darstellung der Wirkungen des Sauerstoffs den Laufpaß gab.

Gleichwohl haben die Physiker für diese eigenthümliche Lehre einen überraschenden Glauben bewiesen, sie, die sich bei jeder Gelegenheit ihrer Schwergläubigkeit rühmen. Aber freilich darf man dabei nicht übersehen, daß es bei allem dem immer ein seltenes Meisterstück war, was nicht Jeder zu Stande gebracht hätte, eine Mythologie der Farben in Euklidischen Formeln abzufassen. Dieser Umstand ist einigermaßen zur Entschuldigung der Physiker in Anrechnung zu bringen. Denn eben der Ton dieser Euklidischen Formeln war es, der Sirenen gleich auf sie wirkte. Wäre doch vielleicht Gott Helios selbst, vom Himmel kommend, verblüfft gewesen, wenn er erfahren hätte, mit welcher Bestimmtheit Newton davon unterrichtet war, daß das Licht des Helios, welches er selbst, wie die Sterblichen, bisher für ein einiges gehalten, aus sieben verschiedenen Lichtern zusammengesetzt sei, welche zwar in der Entfernung von brechenden oder spiegelnden Körpern in gemüthlicher Eintracht mit einander reisen, sobald sie aber Glas oder ähnliche brechende oder spiegelnde Stoffe wittern, auf einmal in verschiedenen Winkeln, wie die Speichen eines Rades, auseinanderstieben. —

Wiewohl schon lange vor Göthe erhebliche Einwendungen gegen die Newton'sche Farbenlehre erhoben worden waren, so

bleibt doch Göthe das sehr bedeutende Verdienst, daß er durch eine ausführliche Zergliederung der Newton'schen Versuche die Fadenscheinigkeit der hinter der mathematischen Declamation hervorguckenden Sophistik so deutlich ans Tageslicht gezogen hat, daß man, ohne in die Kraftausdrücke zu verfallen, welche Hegel bei der Behandlung dieses Gegenstandes gebraucht hat, [12]) Denjenigen, die dadurch noch nicht sehend geworden waren, wenigstens mit Hamlet ein: „Habt Ihr Augen?" zuzurufen geneigt sein möchte.

Die Ausführlichkeit, in welcher diese Beleuchtung der Newton'schen Versuche bei Göthe vorliegt, macht es überflüssig, hier dieselbe in ähnlicher Weise zu wiederholen. Doch zur Vollständigkeit unserer Acten gehört es, daß wir wenigstens ein paar Belege von der eigenthümlichen Deductionsweise Newton's in dieselben aufnehmen. Sehr bezeichnend ist z. B., wie Göthe mit Recht hervorhebt, der erste Satz, mit welchem Newton seine Optik beginnt: „Lichter, welche an Farbe verschieden sind, dieselben sind auch an Refrangibilität verschieden und zwar gradweise." Hier werden diese besondern Farbenlichter, wie die echten Götter ex machina, ohne Weiteres als auf festen Füßen stehend eingeführt, deren Existenz überhaupt erst zu beweisen war. Also das Object des Beweises ist in aller Geschwindigkeit als feststehendes Princip eingeschmuggelt. Da haben wir gleich ein Muster davon, nicht „wie man die Natur fragen soll", sondern wie man sich das Beweisen sehr leicht machen kann.

Von den in der Newton'schen Optik enthaltenen Widersprüchen mögen die folgenden hier Erwähnung finden. Im fünften Versuch des ersten Buchs der Optik ist von unzähligen sich unbestimmt an einanderreihenden Farbenkreisen die Rede, in der Zusammenstellung über die zehn ersten Versuche dagegen wird gesagt, daß die verschiedenen Strahlen „von einander getrennt und sortirt" werden können, und im ersten Problem der dritten Proposition (2. Theil der Optik) werden sie sogar nach genauen Grenzen gemessen. Im achten Versuch wird das Mißlingen desselben einer „unregelmäßigen Zersplitterung durch die Ungleichheiten in der Politur des Glases" Schuld gegeben, in der Zusammenstellung über die zehn ersten Versuche dagegen wird die Entstehung der Strahlen durch Zersplitterung als nicht annehmbar erachtet und ebenso im viertem Theorem, fünfte Proposition, eine „Spaltung

oder Zerstreuung der Strahlen" bei der Refraction verneint. Nach dem fünften Versuch der zweiten Proposition (2. Theil der Optik) sind die „homogenen" Lichter doch wieder „nicht absolut homogen." —

Die wortgetreue Anführung einiger Stellen aus der Newton'schen Optik wird am besten geeignet sein, die pathetische Darstellungsweise Newton's, und namentlich auch jene eigenthümlichen Verwahrungen und Verklausulirungen, zu denen er sich so oft genöthigt sieht, zur Anschauung zu bringen.

Nach dem zweiten Satz des ersten Theils der Optik, welcher lautet: „Das Licht der Sonne besteht aus Strahlen von verschiedener Refrangibilität", spricht sich Newton bei der Darstellung des fünften der von ihm vorgetragenen Versuche bestimmt über die „gradweise Refrangibilität", also darüber aus, daß das Spectrum eine nach derselben Richtung fortlaufende stetige Farbenreihe bildet. Dieß ist hier besonders hervorzuheben, weil von Göthe die Farbenreihe des Spectrums in ganz anderer Weise erklärt wird. Die erwähnte Stelle lautet bei Newton folgendermaßen:

„Aber daß man den Sinn dieses Experiments desto deutlicher einsehe, muß man bedenken, daß die Strahlen, welche von gleicher Brechbarkeit sind, auf einen Cirkel fallen, der der Sonnenscheibe entspricht, wie es im dritten Experiment bewiesen worden. Unter einem Cirkel verstehe ich hier nicht einen vollkommen geometrischen Cirkel, sondern irgend eine Kreisfigur, deren Länge der Breite gleich ist, und die den Sinnen ebenfalls wie ein Cirkel vorkommen könnte. Man lasse also den obern Kreis für die brechbarsten Strahlen gelten, welche von der ganzen Scheibe der Sonne herabkommen und auf der entgegengesetzten Wand sich also erleuchtend abmalen würden, wenn sie allein wären. Der untere Kreis bestehe aus den wenigst brechbaren Strahlen, wie er sich, wenn er allein wäre, gleichfalls erleuchtend abbilden würde. Die Zwischenkreise mögen sodann diejenigen sein, deren Brechbarkeit zwischen die beiden äußern hineinfällt und die sich gleichfalls an der Wand einzeln zeigen würden, wenn sie einzeln von der Sonne kämen und auf einander folgen könnten, indem man die übrigen auffinge. Nun stelle man sich vor, daß es noch andre Zwischencirkel ohne Zahl gebe, die vermöge unzähliger Zwischen-

arten der Strahlen sich nach und nach auf der Wand zeigen würden, wenn die Sonne nach und nach jede besondere Art herunterschickte. Da nun aber die Sonne sie alle zusammen von sich sendet, so müssen sie zusammen als unzählige gleiche Cirkel sich auf der Wand erleuchtend abbilden, aus welchen, indem sie nach den verschiedenen Graden der Refrangibilität ordnungsmäßig in einer zusammenhängenden Reihenfolge ihren Platz einnehmen, jene länglichte Erscheinung zusammengesetzt ist, die ich in dem dritten Versuche beschrieben habe."[13]) Hier haben wir also die vollständige Farbenstaffel nach Art der Tonleiter!

Im fünften Versuch der zweiten Proposition (1. Buch 2. Theil der Optik), welche dahin lautet, daß alles homogene Licht seine eigene Farbe habe, die seinem Grade der Refrangibilität entspreche, und daß diese Farbe weder durch Reflexionen noch Refractionen verändert werden könne, äußert sich Newton folgendermaßen:

„Bei den Versuchen zu der vierten Proposition des ersten Theils dieses ersten Buchs, als ich die heterogenen Strahlen von einander geschieden hatte, erschien das Spectrum pt, welches durch die geschiedenen Strahlen hervorgebracht war, im Fortschritt von dem Ende p, wohin die refrangibelsten Strahlen fielen, bis zu dem andern Ende t, wohin die wenigst refrangiblen Strahlen anlangten, gefärbt mit den Reihen von Farben, Violet, Dunkel- und Hellblau, Grün, Gelb, Orange und Roth zugleich mit allen ihren Zwischenstufen in einer beständigen Folge, die immer abwechselte, dergestalt, daß sie als ebenso viele Stufen von Farben erschienen, als es Arten von Strahlen giebt, die an Refrangibilität verschieden sind. Diese Farben also konnten durch Refraction nicht weiter verändert werden. Ich erkannte das, als ich durch ein Prisma einen kleinen Theil bald dieser bald jener Lichter wieder der Brechung unterwarf: denn durch eine solche Brechung war die Farbe des Lichtes niemals im mindesten verändert."

Hinterher kommt aber die Verwahrung:

„Ich spreche hier von einer merklichen Veränderung der Farbe; denn das Licht, das ich homogen nenne, ist nicht absolut homogen, und es könnte denn doch von seiner Heterogenität eine kleine Veränderung der Farbe entspringen. Deßwegen bei Experimenten, wo die Sinne Richter sind, jene allenfalls übrige Heterogenität für garnichts gerechnet werden darf."[14])

In der Zusammenstellung der Schlußfolgerungen aus den 10 Versuchen des ersten Theils der Optik verwahrt sich Newton ausdrücklich gegen die Vorstellung, daß die Entstehung der Farben aus einer Ausweitung des Lichts oder aus irgend einer Zersplitterung abzuleiten wäre in folgender Stelle:

„Findet man, sage ich, bei allen diesen Experimenten immer Strahlen, welche bei gleichen Incidenzen auf dasselbe Mittel, ungleiche Brechungen erleiden, und das nicht etwa durch Zersplitterung oder Erweiterung der einzelnen Strahlen, noch durch irgend eine zufällige Ungleichheit der Refraction (Exper. 5 und 6); findet man ferner, daß die an Brechbarkeit verschiedenen Strahlen von einander getrennt und sortirt werden können, und zwar sowohl durch Refraction (Exp. 3), als durch Reflexion (Exp. 10)" — —, „so ist offenbar, daß das Sonnenlicht eine heterogene Mischung von Strahlen ist, deren einige beständig mehr refrangibel sind als andere; welches zu erweisen war." [15])

Ein Gleiches behauptet er daselbst in der fünften Proposition, viertes Theorem:

Das homogene Licht wird regelmäßig, ohne Erweiterung, Spaltung oder Zerstreuung der Strahlen, refrangirt. und die verworrene Ansicht der Gegenstände, die man durch brechende Mittel im heterogenen Lichte betrachtet, kommt von der verschiedenen Refrangibilität mehrer Arten von Strahlen. [16])

Im achten Versuch des ersten Buchs der Optik will Newton die verschiedene Brechbarkeit der Farbenlichter dadurch beweisen, daß er ein prismatisches Bild auf ein gedrucktes Blatt und sodann diese farbige erleuchtete Schrift auf eine weiße Tafel fallen läßt. Das nicht gelungene Ergebniß nöthigt ihn aber schließlich zur folgenden Aeußerung:

„Das gefärbte Licht des Prismas war aber doch noch sehr zusammengesetzt, weil die Kreise, die ich in der zweiten Figur des fünften Experiments beschrieben habe, sich in einander schoben, und auch das Licht von glänzenden Wolken, zunächst bei der Sonne, sich mit diesen Farben vermischte; ferner weil das Licht durch die Ungleichheiten in der Politur des Prismas unregelmäßig zersplittert wurde. Um aller dieser Nebenumstände willen war das farbige Licht, wie ich sagte, noch so mannigfaltig zusammengesetzt, daß der Schein von jenen schwachen und dunklen

Farben, dem Blauen und Violetten, der auf das Papier fiel, nicht so viel Deutlichkeit gewährte, um eine gute Beobachtung zuzulassen. [17])

Hier war also einer von jenen Fällen, wo die eigensinnigen Elfenkinder die Einwilligung wenigstens zu ihrem vollständigen Erscheinen versagten, wofür die Entschuldigung, nicht an den Haaren herbeigezogen, sondern von den Wolken herabgeholt wird, und von der zersplitternden Wirkung Ungleichheiten in der Politur des Glases, welcher Newton an andern Stellen jeden Einfluß auf die prismatische Farbenerscheinung ausdrücklich abgesprochen hat.

Es war Göthe, nach jenen sich bei Newton so oft wiederholenden Verwahrungen und sich gegenseitig im Schach haltenden Klauseln, nicht zu verargen, wenn er sich durch dieses Verhalten zur Erinnerung an jenen theatralischen Kosackenhetmann veranlaßt sieht, welcher bemerkt, daß, wenn er etwas sage, er eigentlich immer das Gegentheil davon meine, und der daher auch, wie Newton, mit Behaglichkeit hätte ausrufen können: „Wenn ich Zirkel sage, so mein' ich eben, was nicht rund ist; sage ich gleichartig, so heißt das immer noch zusammengesetzt; und sag' ich weiß, so kann es fürwahr nichts anderes heißen als schmutzig." [18])

Ich kann nicht umhin, bei dieser Gelegenheit eines Vorwurfs zu gedenken, welchen Dove gegen Göthe und Andere, welche an die von Newton bei seinen Versuchen stets wiederholte enge Lichtspalte nicht ohne Spott erinnert haben, erhebt, weil ihnen das Bewußtsein der Nothwendigkeit derartiger Einschränkungen für physikalische Untersuchungen abgegangen wäre. Dove sagt nämlich: [19])

„Die eben besprochenen vorläufigen Brechungs-, Beugungs- oder Absorptionsversuche, welche jeder genauern optischen Untersuchung vorangehen, sind es nun aber vorzugsweise, welche als Taschenspielerstückchen, als unnöthige Complicationen der Erscheinung, verdächtig gemacht worden sind. Daß man, wenn man den Ton eines musikalischen Instrumentes beurtheilen will, sich nicht in den Lärm der Straße begiebt, wird Jeder natürlich finden: ist es denn so schwer zu begreifen, daß, soll ein Schwachleuchtendes beurtheilt werden, man in ein dunkles Zimmer tritt, um das volle Tageslicht abzuwehren. Will einer Gegenstände aus einander legen, so wird er, ist nur ein geringer Raum vor-

handen, sie schmal nehmen müssen, sollen sie nicht über einander greifen. Braucht man nun wohl ein Mathematiker zu sein, um den Grund einzusehn, warum bei prismatischen Versuchen die Spalte, durch welche das Licht einfällt, keine große Breite haben darf?"

Dieser Vorwurf Dove's ist, meiner Ansicht nach, nicht ganz richtig angebracht, weil jener Spott gegen etwas ganz Anderes gerichtet war, als was Dove durch Gründe zu rechtfertigen bemüht ist. Nicht der engen Spalte an und für sich galt derselbe, sondern vielmehr der ausschließlichen Wiederholung jener Spalte, d. h. der Versäumniß eines Vergleichs der bei der Anwendung einer solchen Beschränkung erhaltenen Ergebnisse mit den außerhalb derselben erhaltenen. Wenn es sich nun in der Folge zeigen wird, daß eben in Folge dieser Versäumniß sowohl Newton, wie den ihm in der Farbenlehre bis heutigen Tages so treu gefolgten Physikern, das Unglück begegnet war, daß sie vor lauter Bäumen den Wald nicht gesehen hatten, so wird es auch nicht in Abrede zu stellen sein, daß hier der Spott sich keineswegs an einer unberechtigten Stelle befand. Es hieße die Welt zur Langweiligkeit verurtheilen und die gelehrte Uebersichtigkeit zu einem Ideal erheben, wenn die letztere gegen ein Lächeln geschützt bleiben sollte, zumal da, wo sie durch ein unzeitiges Sichspreitzen dem eigenen Urtheil selbst das empfindlichste Dementi bereitete.

Da wir später auf demselben Wege, auf welchem die Newton'sche Farbenlehre auf den Schauplatz gebracht worden war, ihr, mit dem Nachweis ihrer Illegitimität, auch wieder das Scheiden ermöglichen werden, nämlich auf dem Wege der Mathematik, so beschränken wir uns hier vorläufig auf die Hindeutung, daß der einfachste Blick in die Natur die Nichtübereinstimmung derselben mit der Wirklichkeit nachweist. Wäre Newton's Theorie richtig, so müßten, da die farbigen Lichter nach ihm ebenso verschieden reflexibel, wie refrangibel sind, alle Fische, mindestens in einem etwas tieferen Wasser, in Regenbogenfarben erscheinen, und wir würden ebenso auch unser eigenes Conterfei, wenigstens durch einen entfernteren Spiegel, nicht ohne Regenbogenfarben erblicken können. Denn wenn die Brechung und Spiegelung das Befreiungsmittel für die gebannten Farbengeister ausmachte, so sollte man meinen, daß, wie fürsorglich auch immer Newton

hierzu noch die unbestimmten „Anwandlungen" derselben hinzugeklauselt hat, die homogenen Lichter, selbst wenn sie an Keuschheit Dianen glichen, wenigstens bei respectablen Entfernungen Gelegenheit genug haben müßten, ihre etwaige Schüchternheit vor der Enthüllung ihrer Farbennatur zu überwinden. Wir müßten überhaupt, da wir überall von brechenden und spiegelnden Substanzen umringt sind, wenn die Newton'sche Theorie richtig wäre, so ziemlich Alles in Regenbogenfarben erblicken. So außerordentlich freigebig ist denn aber doch die Natur, wie Jeder mit gesunden Augen sehen kann, mit diesen Farben nicht umgegangen.

Newton's Behauptung, daß eine Verbesserung der dioptrischen Fernröhre nicht möglich sei, fand bekanntlich ziemlich bald eine thatsächliche Widerlegung durch Dollond's Erfindung der Achromasie, d. h. der farbenfreien Herstellung optischer Gläser, welche er durch eine Zusammensetzung derselben aus zwei verschiedenen Glasfarben, dem sogenannten Crown- und Flintglase erzielte. So groß war aber der Glaube der Physiker an Newton's Unfehlbarkeit, daß, statt durch diese Thatsache auf den Gedanken gebracht zu werden, der große Mann könnte sich bei den seiner Farbenlehre zu Grunde gelegten Annahmen doch geirrt haben, man vielmehr Newton's Lehre von der verschiedenen Brechbarkeit der Farben, durch die Annahme einer der Brechbarkeit nicht ganz parallelen, sondern etwas verschiedenen Zerstreubarkeit der Farben, eine weitere Stütze geben zu müssen meinte.

Gegenüber der romantischen Höhe, welche wir die Farbenlehre des Mathematikers Newton einnehmen sehen, hält sich die Farbenlehre des Dichters Göthe nur in einer nüchternen Stellung. Göthe stellt für die prismatischen Farben, welche den wesentlichen Angelpunkt dieser Streitfrage bilden, die folgenden Ansichten auf: erstens, daß, als oberste Bedingung derselben, eine Verrückung oder Verschiebung des durch das Prisma tretenden Lichtkörpers stattfinde, wodurch in den von dem Licht gebildeten Projectionen Doppelbilder entständen; zweitens, daß die Farben nur an der Begrenzung des Hellen und Dunklen auftreten, wonach er den von Newton als ganz unwesentlich bezeichneten Einfluß dieser Begrenzung, für einen durchaus wesentlichen erklärt; drittens, daß die Farben nicht, wie Newton behauptet, als eine stetige Reihe, sondern aus einer weißen Mitte

als zwei nach entgegengesetzter Richtung verlaufende Reihen hervortreten, indem auf der einen Seite ein Uebergang aus dem Weißen zum Gelb, Orange und Roth, auf der andern Seite zum Blau und Violet stattfinde; viertens, daß daher ein vollständiges prismatisches Spectrum mit allen sechs Farben, ohne weiße Mitte, nur dann zu Stande komme, wenn die von den dunklen Grenzen ausgehenden Farbensäume durch die Form der Lichtprojection an und theilweise über einander treten, indem nur dann, durch das theilweise Uebereinandergreifen des gelben und blauen Farbensaums das Grün zur Erscheinung komme, dessen Ausbleiben, wo die letztere Bedingung fehlt, als ein sicherer Beweis anzusehen sei, daß das prismatische Spectrum nicht durch separate, schon als solche im Licht ursprünglich vorhandene Farbenstrahlen entstehe. Fünftens endlich sucht Göthe, seinem Hauptgrundsatze entsprechend, daß die Farbe durch die Wechselwirkung zweier einander entgegenwirkenden Kräfte entstehe, und zwar, wie er es näher bestimmt, durch die Wechselwirkung des Lichts und einer ihm entgegenwirkenden Schranke, eines Hellen und eines Trüben, die Verschiedenheit der beiden entgegengesetzten Farbensäume des prismatischen Spectrums durch die verschiedene Lage und Richtung zum Hellen und Dunklen zu erklären, indem er den gelben Saum als den bezeichnet, gegen welchen die Richtung des Lichts vorherrscht, den blauen als den, bei dem das Licht gegen die Trübung zurücksteht. [20]) Er bezieht sich hierbei auf ähnliche Bedingungen der Farbenerscheinungen in der freien Natur, wo z. B. die helle Sonne, durch Dünste getrübt, gelb oder roth erscheint, die dunklen Berge der Ferne, durch den beleuchteten Vordergrund gesehn, blau erscheinen.

Die hier erwähnten Punkte waren der Mehrzahl nach schon vor Göthe gegen Newton geltend gemacht worden. Göthe weist daher auch ausdrücklich den Anspruch des Verdienstes zurück, etwas Neues aufgestellt zu haben. [21]) Es verbleibt ihm dabei jedoch das wesentliche Verdienst, daß er die Newton'sche Farbenlehre gründlicher und nachdrücklicher, als irgend einer seiner Vorgänger bekämpft und dadurch vorzugsweise zu ihrem Sturze beigetragen hat, der unvermeidlich ist. Schon Castel [22]) hatte darauf aufmerksam gemacht, daß es für das Newton'sche Spectrum ebenso gefährlich sei, wenn man es ohne Grün, als einer hübschen

Frau, wenn man sie ohne Noth ertappe. Die von Göthe angeführte Stelle aus Castel's Abhandlung möchte besonders in unsere Acten gehören, theils weil sie zeigt, was vor Göthe schon gegen die Newton'sche Farbenlehre hervorgehoben worden war, theils weil sie das unterhaltendste Gegenstück zu der erwähnten Rede des Herrn de Fontenelle ausmacht. Diese Stelle lautet:

„Da ich mich gar gerne zu den Gegenständen meiner Aufmerksamkeit zurückfinde, so war mein erster oder zweiter Schritt in dieser Laufbahn mit einem Gefühl von Ueberraschung und Erstaunen begleitet, wovon ich mich noch kaum erholen kann. Das Prisma, das Herr Newton und ganz Europa in Händen gehabt hatte, konnte und sollte noch wirklich ein ganz neues Mittel zur Erfahrung und Beobachtung werden. Das Prisma auf alle mögliche Weise hin und wieder gedacht, aus allen Standpunkten angesehen, sollte das nicht durch so viel geschickte Hände erschöpft worden sein? wer hätte vermuthen können, daß alle diese Versuche, von denen die Welt geblendet ist, sich auf einen oder zwei zurückführen ließen, auf eine einzige Ansicht und zwar auf eine ganz gemeine, aus hundert andern Ansichten, wie man das Prisma fassen kann, und aus tausend Erfahrungen und Beobachtungen so tiefsinnig als man sie vielleicht nicht machen sollte."

„Niemals hatte Herr Newton einen andern Gegenstand als sein farbiges Gespenst. Das Prisma zeigte es zuerst auch ganz unphilosophischen Augen. Die ersten, welche das Prisma nach ihm handhabten, handhabten es ihm nur nach. Sie setzten ihren ganzen Ruhm darein, den genauen Punkt seiner Versuche zu erhaschen, und sie mit einer abergläubischen Treue zu copiren. Wie hätten sie etwas anderes finden können, als was er gefunden hatte? Sie suchten, was er gesucht hatte, und hätten sie was anderes gefunden, so hätten sie sich dessen nicht rühmen dürfen; sie würden sich selbst darüber geschämt, sich daraus einen heimlichen Vorwurf gemacht haben. So kostete es dem berühmten Herrn Mariotte seinen Ruf, der doch ein geschickter Mann war, weil er es wagte, weil er verstand den betretenen Weg zu verlassen. Gab es jemals eine Knechtschaft, die Künsten und Wissenschaften schädlicher gewesen wäre?"

„Und hätte Herr Newton das Wahre gefunden; das Wahre ist unendlich und man kann sich nicht darin beschränken. Unglücklicher Weise that er nichts, als auf einen ersten Irrthum unzählige Irrthümer häufen. Denn eben dadurch können Geometrie und scharfe Folgerungen schädlich werden, daß sie einen Irrthum fruchtbar und systematisch machen. Der Irrthum eines Ignoranten oder eines Thoren ist nur ein Irrthum; auch gehört er ihm nicht einmal an, er adoptirt ihn nur. Ich werde mich hüten Herrn Newton einer Unredlichkeit zu beschuldigen; andre würden sagen, er hat sich's recht angelegen sein lassen, sich zu betrügen und uns zu verführen."

„Zuerst selbst verführt durch das Prismengespenst sucht er es nur auszuputzen, nachdem er sich ihm einzig ergeben hat. Hätte er es doch als Geometer gemessen, berechnet und combinirt, dagegen wäre nichts zu sagen; aber er hat darüber als Physiker entscheiden, dessen Natur bestimmen, dessen Ursprung bezeichnen wollen. Auch dieses stand ihm frei. Das Prisma ist freilich der Ursprung und die unmittelbare Ursache der Farben dieses Gespenstes; aber man geht stromaufwärts, wenn man die Quelle sucht. Doch Herr Newton wendet dem Prisma ganz den Rücken und scheint nur besorgt, das Gespenst in der größten Entfernung aufzufassen; und nichts hat er seinen Schülern mehr empfohlen."

„Das Gespenst ist schöner, seine Farben haben mehr Einheit, mehr Glanz, mehr Entschiedenheit, je mehr sie sich von der Quelle entfernen. Sollte aber ein Philosoph nur nach dem Spielwerk schöner Farben laufen? — Die vollkommensten Phänomene sind immer am entferntesten von ihren geheimen Ursachen, und die Natur glänzt niemals mehr, als indem sie ihre Kunst mit der größten Sorgfalt verbirgt." —

„Und doch wollte Herr Newton die Farben trennen, entwirren, zersetzen. Sollte ihn hier die Geometrie nicht betrogen haben? Eine Gleichung läßt sich in mehrere Gleichungen auflösen; jemehr Farben, der Zahl nach verschieden, ihm das Gespenst zeigte, für desto einfacher, für desto zersetzter hielt er sie. Aber er dachte nicht daran, daß die Natur mannigfaltig und zahlreich in ihren Phänomenen, in ihren Ursachen sehr einfach, fast unitarisch, höchstens und sehr oft trinitarisch zu sein pflege."

„Und doch ist das Prisma, wie ich gestehe, die unmittelbare und unleugbare Ursache des Gespenstes; aber hier hätte Herr Newton aufmerken und sehen sollen, daß die Farben nur erst in gevierter Zahl aus dem Prisma hervortreten, sich dann aber vermischen, um sieben hervorzubringen, zwölfe wenn man will, ja eine Unzahl."

„Aber zu warten bis die Farben recht verwickelt sind, um sie zu entwirren, mit Gefahr sie noch mehr zu verwirren, ist das eine Unredlichkeit des Herzens, die ein schlechtes System bemäntelt, oder eine Schiefheit des Geistes, die es aufzustutzen sucht?"

„Die Farben kommen fast ganz getrennt aus dem Prisma in zwei Bündeln, durch einen breiten Streif weißen Lichtes getrennt, der ihnen nicht erlaubt sich zusammen zu begeben, sich in eine einzige Erscheinung zu vereinigen, als nach einer merklichen Entfernung, die man nach Belieben vergrößern kann. Hier ist der wahre Standpunkt, günstig für den, der die redliche Gesinnung hat, das zusammengesetzte Gespenst zu entwirren. Die Natur selbst bietet einem Jeden diese Ansicht, den das gefährliche Gespenst nicht zu sehr bezaubert hat. Wir klagen die Natur an, sie sei geheimnißvoll; aber unser Geist ist es, der Spitzfindigkeiten und Geheimnisse liebt. Naturam expellas furca, tamen usque recurret."

„Herr Newton hat mit Kreuzesmarter und Gewalt hier die Natur zu beseitigen gesucht; tausendmal hat er dieses primitive Phänomen gesehen; die Farben sind nicht so schön, aber sie sind wahrer, sie sprechen uns natürlicher an. Von dieser Erscheinung spricht der große Mann, aber im Vorbeigehen und gleichsam vorsätzlich, daß nicht mehr davon die Rede sei, daß die Nachfolger gewissermaßen verhindert werden, die Augen für die Wahrheit zu eröffnen."

„Er thut mehr. Auch wider Willen würde man das rechte Verhältniß erkennen beim Gebrauch eines großen Prisma's, wo das weiße Licht, das die zwei ursprünglichen Farbensäume trennt, sehr breit ist. In einem kleinen Prisma sind die beiden Säume näher beisammen. Sie erreichen einander viel geschwinder und betrügen den unaufmerksamen Beobachter. Herr Newton giebt kleinen Prismen den Vorzug; die berühmtesten Prismen sind die englischen, und gerade diese sind auch die kleinsten."

„Ein geistreicher Gegner Newtons sagte mit Verdruß: diese Prismen sind sämmtlich Betrüger, alle zur Theatererscheinung des magischen Gespenstes zugerichtet. Aber das Uebermaß Newtonischer — Unredlichkeit sage ich nicht, sondern wohl nur Newtonischen Irrthums zeigt sich darin, daß man sich nicht mit kleinen Prismen begnügt, sondern uns über alles anempfiehlt, ja nur den feinsten, leisesten Strahl hereinzulassen, so daß man über die Kleinheit der Oeffnung, wodurch der Sonnenstrahl in eine dunkle Kammer fallen soll, recht spitzfindig verhandelt und ausdrücklich verlangt, das Loch soll mit einem feinen Nadelstich in einer bleiernen oder kupfernen Platte angebracht sein. Ein großer Mann und seine Bewunderer behandeln diese Kleinigkeiten nicht als geringfügig; und das ist gewiß, hätte man uns Natur und Wahrheit vorsätzlich verhüllen wollen, was ich nicht glaube, so hätte man es nicht mit mehr Gewandtheit anfangen können. Ein so feiner Strahl kommt aus dem Prisma mit einem so schmalen weißen Licht, und seine beiden Säume sind schon dergestalt genähert zu Gunsten des Gespenstes und zu Ungunsten des Beschauers."

„Wirklich zum Unheil dessen, der sich betrügen läßt. Das Publikum sollte Demjenigen höchlich danken, der es warnt: denn die Verführung kam dergestalt in Zug, daß es äußerst verdienstlich ist, ihre Fortschritte zu hemmen. Die Physik mit andern ihr verwandten Wissenschaften und von ihr abhängigen Künsten war ohne Rettung verloren durch dieses System des Irrthums und durch andere Lehren, denen die Autorität desselben statt Beweises diente. Aber in diesen wie in jenen wird man künftig das Schädliche einsehen."

„Sein Gespenst ist wahrhaftig nur ein Gespenst, ein phantastischer Gegenstand, der an nichts geheftet ist, an keinen merklichen Körper; es bezieht sich vielmehr auf das, wo die Dinge nicht mehr sind, als auf ihr Wesen, ihre Substanz, ihre Ausdehnung. Da wo die Körper endigen, da, ganz genau da, bildet es sich; und welche Größe es auch durch Divergenz der Strahlen erhalte, so gehen diese Strahlen doch nur von Einem Punkte aus, von diesem untheilbaren Punkte, der zwei angränzende Körper trennt, das Licht des einen von dem naheliegenden Schatten oder dem schwächern Licht des andern." [23])

Da ich glaube voraussetzen zu können, daß die Mehrzahl der

Leser es sich angelegen sein lassen wird, Göthe's Farbenlehre selbst zur Hand zu nehmen, so werde ich mich hier mit den Belegen aus seinen eigenen Worten zu der gegebenen Uebersicht der Streitfrage um so eher kurz fassen können.

In der Einleitung zum polemischen Theil des 1. Bandes faßt Göthe den Unterschied seiner und der Newton'schen Farbenlehre in folgenden Worten zusammen:

Es ist „keineswegs die Brechung, welche die Farben aus dem Licht hervorlockt, vielmehr bleibt eine zweite Bedingung unerläßlich, daß die Brechung auf ein Bild wirke, und solches von der Stelle wegrücke. Ein Bild entsteht nur durch Gränzen, diese Gränzen übersieht Newton ganz, ja er leugnete ihren Einfluß. Wir aber schreiben dem Bilde sowohl als seiner Umgebung, der hellen Mitte sowohl als der dunklen Gränze, der Thätigkeit sowohl als der Schranke, in diesem Falle vollkommen gleiche Wirkung zu."

Im ersten Bande, wo er dies ausführlicher erklärt, sagt er:

„Das unbegränzt durch Refraction Gesehene zeigt keine Farbenerscheinung. Das Gesehene muß begränzt sein. Es wird daher ein Bild erfordert; dieses Bild wird durch Refraction verrückt, aber nicht vollkommen, nicht rein, nicht scharf verrückt, sondern unvollkommen, dergestalt, daß ein Nebenbild entstehet." [24])

„Daß nun die prismatische Farbenerscheinung ein Nebenbild sei, davon kann man sich auf mehr als eine Weise überzeugen. Es entsteht genau nach der Form des Hauptbildes. Dieses sei nun gerade oder im Bogen begränzt, gezackt oder wellenförmig, durchaus hält sich das Nebenbild genau an den Umriß des Hauptbildes." [25])

Gegen die Newton'sche Auffassung des Spectrums als einer stetigen Farbenreihe bemerkt Göthe: [26])

Es komme hauptsächlich in Betracht, „daß das prismatische Bild, wie es aus dem Prisma tritt, keineswegs eine stetige farbige Reihe, sondern eine durch ein weißes Licht getrennte farbige Erscheinung darstellt."

Ebendaselbst sagt er in Bezug auf Newton's Behauptung: die verschiedene Größe der Oeffnungen in dem Fensterladen und die verschiedene Stärke der Prismen, wodurch die Strahlen hindurchgehn, machen keine merkliche Veränderungen der Länge des Bildes:

„Diese beiden Assertionen sind völlig unwahr, weil gerade die Größe des Bildes, sowie die Größe des Winkels des gebrauchten Prismas, vorzüglich die Ausdehnung der Länge des Bildes gegen seine Breite bestimmt und verschieden macht.“

Zu den Worten Newton's in der Schlußfolgerung von seinen zehn ersten Versuchen, welche lauten: „Oder man mache denselben [Versuch] mit gebrochenem Licht, es sei nun bevor die ungleich gebrochenen Strahlen durch Divergenz von einander abgesondert sind, bevor sie noch die Weiße, welche aus ihrer Zusammensetzung entspringt, verloren haben, also bevor sie noch einzeln, als einzelne Farben erscheinen (Experiment 5),“ bemerkt Göthe:

„Wie künstlich bringt Newton auch hier das Wahre gedämpft herein, damit es ja sein Falsches nicht überleuchte. Man merke sein Bekenntniß. Die Brechung des Lichtes ist also nicht allein hinreichend, um die Farben zu sondern, ihnen ihre anfängliche Weiße zu nehmen, die Strahlen einzeln als einzelne Farben erscheinen zu machen; es gehört noch etwas anders dazu, und zwar eine Divergenz. Wo ist von dieser Divergenz bisher auch nur im mindesten die Rede gewesen? Selbst an der angeführten Stelle spricht Newton wohl von einem gebrochenen und weißen Lichte, das noch rund sei, auch daß es gefärbt und länglich erscheinen könne; wie aber sich eins aus dem andern entwickele, eins aus dem andern herfließe, darüber ist ein tiefes Stillschweigen. Nun erst in der Recapitulation spricht der kluge Mann das Wort Divergenz als im Vorbeigehen aus, als etwas das sich von selbst versteht. Aber es versteht sich neben seiner Lehre nicht von selbst, sondern es zerstört solche unmittelbar. Es wird also oben und hier abermals zugestanden, daß ein Licht, ein Lichtbild, die Brechung erleide und nicht völlig farbig erscheinen könne. Wenn dem so ist, warum stellen denn Newton und seine Schüler Brechung und völlige Farbenerscheinung als einen und denselben Act vor?“ [27])

Dieser Einwand ist triftig. Wenn nach Newton die Farben durch ihre verschiedene Brechbarkeit zum Vorschein kommen sollen, so können sie nicht zugleich durch eine Verschiebung des Lichtkörpers erklärt werden, um so weniger, da, wie wir oben gesehen haben, Newton sich ausdrücklich gegen die Vorstellung

verwahrt hat, daß eine Zersplitterung, Erweiterung oder Zerstreuung des Lichts die Veranlassung der Farbenerscheinung sei, und er im Gegentheil behauptete, daß die verworrene Ansicht der durch ein Prisma betrachteten Gegenstände nur von der verschiedenen Refrangibilität mehrerer Arten von Strahlen herkomme, auf welche Behauptung, für die Newton die verworrene Ansicht von durch ein Prisma gesehenen Mücken und ähnlichen kleineren Gegenständen anführt, Göthe's Wortspiel, welches er auf einer der Tafeln zu seiner Farbenlehre angewendet hat: „Newtonische Mucken," statt „Mücken" hinzielt.

Nachdem wir hiermit die hauptsächlichsten Punkte, um welche es sich bei dieser Streitfrage handelt, kennen gelernt haben, wobei sich für die Unhaltbarkeit der Newton'schen Theorie, aus dem von einer näheren Beleuchtung derselben unzertrennlichen Hervortreten ihrer romantischen Beschaffenheit, schon untrügliche Anzeichen herausstellen, bleibt uns, um eine vollständige Uebersicht über die gegenwärtige Sachlage zu gewinnen, noch übrig nachzusehen, wie es mit der Farbenlehre in der heutigen Physik steht. —

Die Farbenlehre in der heutigen Physik.

Die neuere Physik bekennt sich in Betreff des Lichts zu der sogenannten Wellen- oder Undulationstheorie, d. h. zu der Annahme, daß die Empfindung des Lichts durch Wellenbewegungen des den ganzen Weltenraum erfüllenden und alle Körper durchdringenden Aethers hervorgebracht werde, während nach der früher herrschend gewesenen Emanationstheorie angenommen wurde, daß die Lichtempfindung durch die Fortpflanzung der Theile eines besonderen Lichtstoffes bewirkt werde. Es ist eine beachtenswerthe Erscheinung, daß wir die neuere Naturlehre in der Annahme der Undulationstheorie zu Ansichten zurückgekehrt finden, welche schon vor mehr als zweitausend Jahren in ähnlicher Weise von griechischen Philosophen aufgestellt worden waren und welche vielleicht manchen Lesern aus A. v. Humboldt's Kosmos erinnerlich sein werden.[28])

Schon Aristoteles lehrte, daß das Sehen nicht durch Ausflüsse aus dem leuchtenden Gegenstande oder dem Auge entstehe, sondern erklärte dasselbe durch eine Erschütterung, eine Bewegung des Mittels zwischen dem Gesicht und dem gesehenen Gegenstande, wobei er dasselbe mit dem Hören verglich, wo der Schall auch durch Erschütterung der Luft zu Stande kommt. Schon Anaxagoras und Empedokles hatten als ausfüllendes Mittel zwischen den Himmelskörpern einen Aether angenommen, der nach ihnen „von feuriger Natur, eine reine Feuerluft, hellstrahlend, von großer Feinheit und ewiger Heiterkeit" war. Aristoteles,

welcher die letztere Annahme der selbstleuchtenden Eigenschaft des Aethers nicht ganz theilte, fügte dem noch hinzu, daß derselbe auch alle irdischen Dinge ohne Ausnahme durchdringe.

Wenn die neuere Physik hierzu bemerkt: „Aber in diesem scheinbar in sich zurückkehrenden Kreislauf hat der menschliche Geist der Natur gegenüber sich tiefer erfaßt, bei gleicher Bezeichnung trennt die heutige Physik von den Vorstellungen der Griechen die Kluft, welche bewußtes Erkennen von träumendem Ahnen scheidet,"[29]) so darf man doch nicht übersehen, daß die Augen derer wenigstens eine beneidenswerthe Frische besaßen, welche durch den freien Blick in die Natur das schon zu erfassen vermochten, was wir erst einem Jahrhunderte langen Bemühen mit Instrumenten aller Art haben abborgen müssen.

Ein näheres Eingehen auf die für die Annahme des Aethers sprechenden Gründe, welche hauptsächlich aus der Bewegung der Himmelskörper entnommen wurden, würde den Bereich der hier vorliegenden Aufgabe überschreiten. Ich glaube dasselbe um so eher unterlassen zu können, da ich für Viele diese Gründe aus A. v. Humboldt's Kosmos als bekannt voraussetzen kann, worauf ich daher die sich näher dafür Interessirenden verweise. Es möge deshalb hier die Bemerkung genügen, daß der Uebergang von der Emanations- zur Undulationstheorie allerdings als ein wissenschaftlicher Fortschritt anerkannt werden muß, da der letzteren, abgesehen von den erwähnten, den Bewegungen der Himmelskörper entnommenen Wahrnehmungen, noch andere Gründe zur Seite stehn, welche aus der Aehnlichkeit der Verhältnisse bei den sogenannten Dynamiden, den Erscheinungen, zu denen, außer dem Licht, der Magnetismus, die Electricität und die Wärme gehören, entnommen sind.

Für unsere Aufgabe ist es zunächst von Wichtigkeit, zu wissen, daß die Emanationstheorie bis in die neueste Zeit die herrschende und daß insbesondere Newton ein Anhänger derselben war. Newton schloß nämlich aus den Erscheinungen der von Grimaldi entdeckten Beugung des Lichts, welche er bestätigt fand, wonach das Licht, während seines dichten Vorbeigehens an den Körpern, von diesen wie angezogen erschien, und zwar je näher, desto stärker, auf das Vorhandensein eines besonderen Lichtstoffes. Er erblickte in dieser Anziehung ein Graviren des

Lichtstoffes gegen die Körper und sah die Brechung als eine Folge dieser Gravitation an, dergestalt, daß die Brechung des Lichts nicht auf einmal in dem Einfallspunkte desselben, sondern allmälig durch eine fortgesetzte Beugung der Strahlen, halb außerhalb und halb innerhalb der brechenden Körper zu Stande komme.[30]) Später hat Fresnel gerade aus denselben Erscheinungen der Beugung Beweise für die Unstofflichkeit des Lichts hergeleitet, indem er durch vielfache Versuche nachwies, daß weder die Natur, noch die Gestalt der beugenden Körper irgend einen Unterschied in den Beugungserscheinungen bedingen, während doch das Verhalten der Körper in Betreff der Brechung des Lichts bekanntlich ein sehr verschiedenes ist.[31]) Dies war hier nur beiläufig zu bemerken. Die Hauptsache für uns bleibt die Thatsache, daß die jetzige Physik sich genöthigt gesehen hat, die von Newton angenommene und befürwortete Emanationstheorie zu verlassen.

Folgerichtig hätte man damit auch zugleich seine Farbenlehre aufgeben müssen, da dieselbe nur durch die Annahme einer besonderen Stofflichkeit des Lichts einen möglichen Sinn erhält. Zieht man ihr die letztere weg, so fällt sie in ein undenkbares Nichts zusammen. Wenn Farbenlichter aus eigenem Antriebe, wie es Newton hinstellt, unter übrigens ganz gleichen Umständen, bei der Berührung mit brechenden Körpern eine verschiedene Natur bekunden sollten, so war dies nur dadurch möglich, daß denselben schon eine ursprüngliche Verschiedenheit des Stoffes, wie es auch Newton hinstellt, innewohnte; außerdem aber nicht. Denn die Annahme, daß Theile desselben Stoffs unter völlig gleichen Bedingungen aus freiem Antriebe, d. h. ohne Nöthigung durch andere Einflüsse, sich verschieden zeigen sollten, ist ein Widerspruch in sich selbst. Derselbe Stoff kann unmöglich zugleich ein anderer Stoff sein.

Daß die Physiker von der in dem Festhalten an den uranfänglich verschiedenen Newton'schen Farbenlichtern, während sie das Licht nur als eine Bewegung des Aethers ansehen, enthaltenen Inconsequenz gar nicht berührt worden zu sein scheinen, könnte als ein sonderbarer Zwiespalt der Natur gelten, insofern hier einerseits die Genauigkeit bei ihnen auffällig vermißt wird, während sie doch andererseits auf die Genauigkeit im Rechnen

und Messen das größte Gewicht legen. Dieser hier zur Erscheinung kommende Zwiespalt in einer vorhandenen und gleichzeitig nicht vorhandenen Genauigkeit verliert indessen in etwas seine auffallende Beschaffenheit, wenn man die Vertheilungsart der geistigen Vorzüge berücksichtigt, wie die Natur sie liebt. Indem dieselbe auch hierbei dem im Allgemeinen bei ihr beliebten Gesetze der Sparsamkeit huldigt, pflegt sie die einzelnen geistigen Vorzüge, Jedem etwas Gutes davon zuwendend, auf viele Personen zu vertheilen, und führt nur selten und ausnahmsweise eine mehrfache Häufung derselben in einer Person herbei. Hieraus ergiebt es sich erfahrungsgemäß als etwas durchaus nicht Ungewöhnliches, daß wir die zu einem genauen Messen und Rechnen besonders Geschickten keineswegs immer durch eine gleiche Genauigkeit im Denken sich auszeichnen sehen, während es andererseits bekannt ist, wie ungeschickt oft die größten Denker zu den Operationen des Messens und Rechnens sind, welche eine große Genauigkeit und Behutsamkeit im Kleinen erfordern.

Dieser Zwiespalt in der Genauigkeit macht sich übrigens keineswegs blos in der neueren Physik geltend, sondern scheint als eine Art von Gemeingut vielen Arbeiten der neueren Zeit eigen zu sein. Man findet bei diesen so oft ein unendliches Brüsten mit den vermeintlichen Errungenschaften der allergenauesten Rechnungen und Messungen, und gewahrt dabei mit Ueberraschung, daß derselbe Verfasser, welcher eine so hohe Meinung von seiner Genauigkeit hat, von einer der wichtigsten Bedingungen derselben, nämlich der Genauigkeit im Denken, sich ganz entbinden zu können meint. Diese vermeintlichen Errungenschaften der äußersten Genauigkeit erweisen sich daher so oft hinterher als taube Nüsse, ohne jeden vernünftigen Gehalt, welche nur die darauf verschwendete Mühe und Zeit bedauern lassen, die verfehlt bleiben mußten, weil sie schon in der ersten Anlage, durch die Stützung auf eine falsch durchdachte Voraussetzung, verfehlt waren.

So erheblich nun auch die Inconsequenz ist, welcher sich die Physik in der Beibehaltung der Newton'schen Farbenlehre, trotz des Aufgebens der Emanationstheorie, überlassen hatte, so bitte ich doch die Leser sich nicht zu sehr über dieselben zu entsetzen, da sie nur ein kleines Vorspiel von dem hier bemerklichen

Mangel an Folgerichtigkeit bildet, von dem wir bald noch weit stärkere Proben zu sehen bekommen werden.

Dove giebt in seiner Darstellung der Farbenlehre folgende Eintheilung der Farben: 1) Prismatische oder Brechungsfarben, wozu das prismatische Spectrum, der Haupt- und Nebenregenbogen gerechnet wird; 2) Farben der Interferenz, wohin die Regenbogenfarben der Seifenblasen, der angelaufenen Fensterscheiben und angelaufenen Metalls, die der Spinnweben, der Perlmutter, mancher Insectenflügel und ähnliche gezählt werden; 3) die Farben der Absorption, wozu, als durchsichtige, die farbigen Gläser, Flüssigkeiten und Gase, als undurchsichtige, die Farbstoffe und die natürlichen Farben der Körper zu rechnen sind. [32])

Wir sehen, daß nach dieser Eintheilung bei Weitem die Mehrzahl der sogenannten Regenbogenfarben unter die Klasse der Interferenzfarben gebracht ist, und nur eine kleinere Zahl derselben zu den prismatischen oder Brechungsfarben gezählt wird.

Vielleicht möchte für manche Leser eine Erklärung darüber, was die Physik unter Farben der Interferenz versteht, nicht unwillkommen sein, weshalb wir eine Erläuterung hierüber folgen lassen.

Unter Interferenz wird in der Physik die ausgleichende, mehr oder weniger sich wechselseitig aufhebende Wirkung zweier oder mehrerer, sich gegenseitig störender Wellensysteme verstanden. Wirft man einen Stein in's Wasser, so sieht man von diesem aus über das letztere ringförmige Wellenkreise sich verbreiten. Wirft man gleichzeitig daneben einen zweiten Stein in's Wasser, so verbreitet er in derselben Weise ein System von Wellenringen um sich, und die beiderseitigen Wellenkreise durchschneiden sich. Da wo von beiden Kreisen Wellenberg mit Wellenberg und Wellenthal mit Wellenthal zusammentreffen, werden sich aus dem Zusammentreffen der gleichen Zustände erhöhte Wellenberge und vertiefte Wellenthäler ergeben. Wo dagegen Wellenberge des einen Systems mit Wellenthälern des anderen Systems zusammentreffen, wird sich aus dem Zusammentreffen der entgegengesetzten Zustände eine Ausgleichung, eine gegenseitige Aufhebung zwischen Wellenberg und Wellenthal, d. h. eine ruhende, außer Bewegung gesetzte, oder in der Bewegung geminderte Fläche ergeben. Diese durch die Wechselwirkung zweier oder mehrerer

Wellensysteme in einzelnen Stellen derselben veranlaßte Ausgleichung ist es, welche die Physik mit dem Namen Interferenz bezeichnet. Unter Interferenzfarben werden demnach solche Farben verstanden, deren Entstehung von der mehr oder weniger sich ausgleichenden Wirkung zweier oder mehrerer gegen einander strömenden Lichtwellensysteme hergeleitet wird. Als Beispiel solcher Interferenzwirkungen beim Licht, wird bei Dove, außer mehreren anderen Fällen, ein Versuch von Lloyd angeführt, in welchem die Farben durch die Gegenströmung gespiegelten Lichts mit dem an dem Spiegel direkt vorbeigehenden Lichte erzeugt werden [33]).

Ich bitte nun die Leser sich daran erinnern zu wollen, was von Göthe als der oberste Grundsatz seiner Farbenlehre aufgestellt ist, daß die Farbe „von dem Lichte und von dem, was sich ihm entgegenstellt" gebildet werde, und frage, ob das, wie die Physik die Interferenzfarben erklärt, nicht eine überraschende Uebereinstimmung mit dem Göthe'schen Grundsatze zeigt? Denn diese ist in beiden Annahmen jedenfalls so weit vorhanden, daß bei ihnen die Farbe aus der Gegenwirkung zweier Kräfte abgeleitet, als das Produkt zweier Factoren hingestellt wird. Um ja nicht mehr in Göthe's Ansichten hineinzulegen, als sie in Wirklichkeit enthalten, möge hier ausdrücklich hervorgehoben werden, daß seine Erklärung der Farben in Betreff der speciellen Ausführung in sofern der physikalischen Erklärung der Interferenzfarben nicht völlig gleichgestellt werden kann, weil Göthe der Aethertheorie nicht beipflichtete. [34]) Seine in dieser Beziehung ausgesprochenen Bedenken beruhen aber nur darin, daß er einmal ein Gegner jeder Erklärung war, welche sich nicht durchaus in dem Bereich des bestimmt Nachweisbaren hielt, und daß er zweitens die bisherigen physikalischen Erklärungsversuche der Farben nach der Aethertheorie für nicht ausreichend erachtete, worin er, wie wir später sehen werden, Recht hatte. Er wollte sich nur als verständiger Mann nicht auf etwas Unsicheres einlassen und ging daher über den allgemeinen Satz, daß die Farbe durch das Licht und eine ihm entgegen wirkende Schranke entstehe, nicht hinaus, weil er hierüber hinaus ehrlicher Weise etwas Zuverlässiges nicht geben zu können meinte. Daß seinen Vorstellungen aber die von der neueren Physik angenommene Wirkung der Gegenströmungen nicht fremd war, und daß nicht, wie man ihm seiner

verständigen Vorsicht wegen hat andichten wollen, seine Ansichten hinter jenen Vorstellungen der Physik zurückblieben, wird sich auf's Deutlichste aus der folgenden Stelle seiner Farbenlehre ergeben: [35])

„Die subjectiven Höfe können wir uns als den Conflict des Lichtes mit einem lebendigen Raume denken. Aus dem Conflict des Bewegenden mit dem Bewegten entsteht eine undulirende Bewegung. Man kann das Gleichniß von den Ringen im Wasser hernehmen. Der hineingeworfene Stein treibt das Wasser nach allen Seiten, die Wirkung erreicht eine höchste Stufe, sie klingt ab und gelangt, im Gegensatz, zur Tiefe. Die Wirkung geht fort, culminirt auf's neue und so wiederholen sich die Kreise. Erinnert man sich der concentrischen Ringe, die in einem mit Wasser gefüllten Trinkglase entstehen, wenn man versucht, einen Ton durch Reiben des Randes hervorzubringen, gedenkt man der intermittirenden Schwingungen beim Abklingen der Glocken; so nähert man sich wohl in der Vorstellung demjenigen, was auf der Retina vorgehen mag, wenn sie von einem leuchtenden Gegenstand getroffen wird, nur daß sie als lebendig schon eine gewisse kreisartige Disposition in ihrer Organisation hat."

Hier ist also ausdrücklich, mit Einschluß des Beispiels von den Ringen im Wasser, das Bild der Undulation und des Conflictes zweier Bewegungen in Anwendung gebracht, wie ihn die neuere Physik in der Annahme der Interferenz gleichfalls annimmt. Das beweist also wohl, daß Göthe's Vorstellungen hinter denen der Physik nicht zurückstehn. Obwohl Göthe's Trübe auch als ein schwaches Licht anzusehen ist, so liegt doch diese Auffassung nicht in seinen Worten und es ist deshalb eine Erklärung der Farben aus der Gegenströmung zweier Lichte darin nicht enthalten, weil Göthe die Entstehung der Farben aus der Wechselwirkung zweier Kräfte allgemeiner hinstellt. Das ändert aber nichts an der Wahrheit, daß die Göthe'sche Farbenlehre und die Annahme der Interferenzfarben in der neueren Physik ein im Grunde gleiches Princip haben, insofern bei beiden die Entstehung der Farben aus der Wechselwirkung zweier Kräfte abgeleitet wird. Das ist aber das gerade Gegentheil von der Newton'schen Farbenlehre, nach welcher die Farben ursprünglich für sich bestehende Strahlen ausmachen sollen. Die neuere Physik

nahm also, indem sie sich zur Annahme der Interferenzfarben bekannte, das gerade Gegentheil der Newton'schen Farbenlehre an.

Gleichwohl erklärt dieselbe Physik, welche in der Annahme der Interferenzfarben mit Göthe ein gleiches Princip theilt und das Gegentheil von der Newton'schen Theorie angenommen hat, einen kleineren Theil derselben Regenbogenfarben, nämlich die des Regenbogens selbst und des Prismas, für Brechungsfarben, und zwar, was ausdrücklich hervorzuheben ist, vollständig nach dem Newton'schen System von den in verschiedenen Winkeln aus einander weichenden separaten Lichtern, lobt dieses System, von dem sie theilweise bereits das Gegentheil angenommen hat, aufs Eifrigste, bis zur Begeisterung für die Homogenität der Farben, sieht dagegen achselzuckend auf Göthe herab und schleudert bei jeder Gelegenheit vernichtende Bemerkungen gegen ihn, dessen Princip sie selbst angenommen hat. Also der Zorn der Physik ist gegen den gerichtet, mit dem sie darin übereinstimmt, das Gegentheil von dem anzunehmen, was sie lobt, nämlich das Newton'sche System. Was soll und kann man wohl hierzu sagen? Entweder, daß die Physiker sich selbst niemals klar gemacht haben, welche Elemente ihre Annahmen enthalten, oder daß sie Göthe's Farbenlehre, auf welche sie achselzuckend herabsehen zu können meinen, wenigstens nicht genügend kennen. Denn wie könnte sich sonst ihr Zorn und Tadel gegen den richten, mit dem sie selbst ein gleiches Princip theilen? Dieses Alles aber in einem Athem: begeistertes Lob dessen, wovon man das Gegentheil annimmt, erbitterter Tadel dessen, was man annimmt — nun wenigstens hat ein solcher Wirrwarr seine unterhaltende Seite. —

Da das Newton'sche System das gerade Gegentheil von der Göthe'schen Farbenlehre, wie auch von der Erklärung der Farben durch Interferenz, ausmacht, so wird ein Nebeneinanderbestehen beider Erklärungsweisen zur Unmöglichkeit. Wenn die Farben erst aus der Gegenwirkung zweier Lichtwellensysteme hervorgehen sollen, so können sie doch wahrlich nicht zugleich schon als ein uranfänglich siebenfach verschiedener Stoff vorhanden gewesen sein. Für die neuere Physik ist es aber eine Kleinigkeit, diese beiden sich gegenseitig ausschließenden Gegensätze gemüthlich

mit einander zu vereinen. Bei der Seifenblase z. B. sind die Farben nichts Uranfängliches, sondern hier entstehen sie erst als Produkt zweier einander entgegen wirkenden Lichter. Ein anderes Mal aber, z. B. beim Prisma sind die Farben wieder nicht ein Produkt zweier Kräfte, sondern offenbaren sich plötzlich als uranfängliche Strahlen. Die Farben sind also, als jedenfalls das wunderbarste aller Chamäleons, Alles zugleich: Produkt und Nichtprodukt zweier Kräfte, Folge von Gegenströmungen und uranfängliche Strahlen; wenigstens besitzt die neuere Physik Dichterkraft genug, diese wunderbaren Gegensätze zusammen zu reimen — was meinen die Leser zu diesen Proben von Consequenz?

Wir sehen, welche verzweifelte Verwirrung in dem Lager der Anhänger Newton's angetroffen wird, der sprechendste Commentar zu dem angeführten Ausspruch Göthe's, daß die Newton'sche Farbenlehre schon völlig aufgelöst sei, weil man sie nach allen Entdeckungen, die ihr geradezu widersprechen, habe zerren wollen. Mit der Emanationstheorie war das Hauptfort der morschen Burg in die Luft gesprengt und diese vor der Uebergabe nicht mehr zu retten. Kein Wunder daher, wenn wir dem bezeichnenden Geständniß bei Dove begegnen, daß „die Aufstellung des Princips der Interferenz, die Newton'schen Anwandlungen für immer beseitigte.“ [36]) Alle Hauptstellen des Platzes sind in den Interferenzfarben von dem mit Göthe übereinstimmenden Princip schon eingenommen, und die Invalidenschaar der homogen uniformirten Lichter sucht sich hinter das Prisma, als letzte Schutzwehr, zu bergen. Aber auch hier schon wankt der Boden unter ihren Füßen, und es zeigt sich die Vergeblichkeit jeder Hoffnung auf Entsatz. Denn das siegreiche Göthe'sche Princip ist auch schon bis zu dieser letzten Bastion vorgedrungen, man sieht sich genöthigt, es auch hier einzulassen und seine Herrschaft in Anwendung zu bringen. Da sagt z. B. Dove: „Young geht auch von denselben Doppelbildern“ (wie Göthe) „aus, aber er beweist an ihnen das wahre Urphänomen der optischen Erscheinungen: die Interferenz, er zeigt, daß an der Vorderfläche jener trennenden Luftschicht darum Dunkel entsteht, weil das von der Hinterfläche reflectirte Licht, zusammentreffend mit dem von der Vorderfläche reflectirten, dieses auslöscht, daß hingegen beide ihre Wirkungen addiren, wenn das Licht des Nebenbildes auf

einem etwas längeren Wege zu dem Lichte des Hauptbildes gelangt.“ [37]) Und er bemerkt ferner: „daß man, wie Frauenhofer gezeigt hat, auf ganz anderem Wege, nämlich durch dioptrische und Reflexionsgitter, also ganz ohne Brechung, dasselbe Spectrum erhält,“ [38]) wie bei Prismen, wonach es wohl offenbar nur um so wunderbarer erscheinen muß, daß man eine besondere Klasse von Brechungsfarben aufstellt, während man „ganz ohne Brechung“ dieselben Farben erhält!

Und doch schreckt Dove vor dem kühnen Versuche nicht zurück, die Newton'schen „Anwandlungen,“ welche durch die Aufstellung des Princips der Interferenz „für immer beseitigt“ erklärt werden, in das Idiom eben dieser Interferenz zu übersetzen, [39]) und gedenkt dem wankenden Gebäude des Newton-schen Systems eine Nothstütze unterzuschieben, durch die Erklärung, daß eine „kegelförmige Oeffnung,“ Ausweitung oder Zerstreuung des Lichts zur Farbenentstehung beitrage, [40]) während doch, wie wir oben gesehen haben, Newton sich ausdrücklich gegen eine solche Vorstellung verwahrt hat. Wer bezeichnet sprechender, als diese wenig glücklichen Behelfe, dieses Haschen nach einem Strohhalm, die Noth der Ertrinkenden, die Rathlosigkeit der neueren Physik, welche ihr das Festhalten an einem verfehlten System bereitet. Freilich besaß man in diesem Falle einen Freibrief zu überraschenden Mitteln und Wendungen, denn man suchte ja die Consequenz des Ungereimten!

Wir sehen also das Göthe'sche Princip schon siegreich in der Farbenlehre der heutigen Physik herrschen und das Newton'sche System der Wirklichkeit, nur nicht der Anerkennung nach, völlig beseitigt. Dabei diese unvergleichliche babylonische Verwirrung, bei der das: „selbst nach dem Erscheinen von Göthe's Farbenlehre“ zu einem ziemlich starken Rückschlage gegen die Physik werden möchte. — Doch, damit wir es ja nicht übersehen, noch glaubt der hart Belagerte eine sichere Zufluchtsstätte zu besitzen. Einige farbige Gläser nämlich, oder gewisse farbige Flammen sollen die geheimnißvolle Kraft besitzen die Newton-schen homogenen Lichter sicher in sich zu bergen und sie gegen jeden Angriff hieb-, stich- und kugelfest zu machen. Glücklich diejenigen, denen noch die Hoffnung lächelt, diese unglücklichen, überall schon ausgewiesenen Elfenkinder in diesem Asyl retten zu

können. Vermögen wir auch diese Hoffnung nicht zu theilen, so müssen wir doch einige Nachsicht für die zärtliche Mutterliebe übrig haben. Das lang gepflegte, liebe Kind liegt da als Leiche, als eine hohle ausgestopfte Mumie. Die zärtliche Mutter redet sich ein, daß die hohlen Wangen sich beleben werden, wenn sie dem geliebten Kinde mit seinem Namen zuruft: Süßes, homogenes Licht!

Dieser zärtliche Mutterruf, wenn es auch nur der der Pflegemutter ist, giebt allerdings Aufschluß über das wunderbare Sachverhältniß, welches wir auch in der neuesten Physik noch antreffen. Wenn man sieht, mit welchem Eifer, trotz der Annahme des Gegentheils vom Princip der Newton'schen Farbenlehre, doch Alles gedreht und gewendet bleibt in majorem Newtoni gloriam, mit welcher Erbitterung dagegen bei jeder Gelegenheit Göthe herabgesetzt und verunglimpft wird, dessen Princip man doch angenommen hat — wenn dies natürlich auch mit keiner Sylbe erwähnt wird — so kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß es sich hier mehr um andere Interessen, als um die Sache, zu handeln scheint. Es soll um keinen Preis heißen, daß man sich in dem Glauben an Newton geirrt, und daß Göthe etwas Richtiges gesagt habe. Und was ist leichter, wie das zu erreichen? Man braucht nur einer farbigen Beleuchtung, welche entweder grell genug ist, oder verdunkelnd genug wirkt, um die Erscheinung anderer Farben dabei unmöglich zu machen, die Benennung einer homogenen Farbe zu geben, so ist ja Newton noch in Kraft, und es kann dann füglich verschwiegen bleiben, daß sein Gegner Göthe irgendwie Recht hat, und daß die Annahme der Interferenz mit dem von Göthe für die Farbenlehre aufgestellten Grundsatz übereinstimmt.

Daß aber Göthe nichts Gutes zu Theil werden durfte, das hatte seinen triftigen Grund. Göthe hatte, indem er die Schwächen der Newton'schen Farbenlehre auf das Entschiedenste bloßlegte, damit zugleich den Physikern, in der Annahme einer so blößenvollen Theorie, ein gewisses Etwas Schuld gegeben, in dessen unverblümter Bezeichnung es offenbar Hegel am Weitesten gebracht hat, worauf denn auch Dove mit Entrüstung hinweist.[41]) Newton aufgeben und Göthe anerkennen, hieß daher nicht bloß einen Irrthum berichtigen, sondern es hieß jenes bedenkliche Et-

was einräumen, welches so sehr zur Entrüstung geeignet war. Kein Wunder, wenn man sich nicht so bald hierzu entschloß. Daher die auffallende Empfindlichkeit gegen Göthe, zu der gar kein Grund vorhanden wäre, wenn es sich nur um einen sachlichen Streit handelte. Sie verräth deutlich andere Motive. Das beleidigte Metier spricht aus ihr. Göthe hatte den Physikern diesen unangenehmen Trank am Nachdrücklichsten eingerührt, daher ist gegen ihn hauptsächlich der Zorn von dieser Seite gerichtet. Der Eifer, Göthe jede Anerkennung zu versagen und wenigstens etwas von dem zusammengestürzten Luftschloß der Newton'schen Theorie zu retten, und wäre es auch weiter nichts, als der bloße Name eines homogenen Lichts, den man auf die Beleuchtung durch farbige Gläser oder farbige Flammen ferner anzuwenden sich befleißigt, ist von dem Wunsche bestimmt, den guten Ruf vor der Welt zu wahren, und nichts davon merken zu lassen, daß man sich in der Annahme der Newton'schen Farbenlehre eine sehr bedenkliche Blöße gegeben hatte. Dieser Wunsch ist freilich ein natürlicher, wie es aber mit der Aussicht seines Erfolges steht, ist eine andre Frage.

Hiermit wollen wir keineswegs annehmen, daß in der Versagung der Anerkennung gegen Göthe und dem Festhalten an Newton in bewußter Weise ein Uebergehen der wahren Sachlage auf Kosten der Ehrlichkeit stattfand. Nein, wer die menschliche Natur einigermaßen kennt, wird wissen, daß in solchen Fällen, wo ein persönliches Interesse mit ins Spiel kommt, es so leicht nicht zu einem äußersten Bewußtsein kommt. Es fügt und wendet sich Alles mit großer Geschicklichkeit von selbst so, daß es bleibt, wie das Herz es zu sehen wünscht. So begreiflich dies Alles ist, ebenso einleuchtend ist es aber auch, daß man mit dieser Nachgiebigkeit gegen den Wunsch des Herzens, mit der fortdauernd bekundeten Zärtlichkeit für die homogenen Kinder des Lichts, wie Schopenhauer richtig hervorhebt, nur eine Galgenfrist erlangen konnte, nach welcher das einstige, unausbleibliche Tagen der Wahrheit eine um so schärfere Beleuchtung der begangenen Sünden herbeiführen mußte.

Wenn die Uebergabe einer so morschen, durch und durch verrotteten Feste, wie sie die Newton'sche Farbenlehre darstellt, sich so merkwürdig lange verzögerte, so ist jedoch, wie ich glaube, der

Grund hiervon nicht allein in dem eben berührten Punkte zu suchen, wiewohl derselbe keineswegs als unerheblich erachtet werden kann, sondern ich glaube, daß auch ein strategischer Fehler auf der Seite der Gegner Newton's nicht ohne Einfluß auf die Verschleppung des Erfolges gewesen ist. Dieser Fehler scheint mir darin zu liegen, daß man die Angriffsmittel nicht genug auf die Stelle concentrirte, wo hier die Achillessehne gesucht werden mußte. Man muß sich vor allen Dingen der Illusion entheben, daß man hier mit dem Nachweis logischer Fehler, und selbst auch mit dem Nachweis thatsächlicher Unrichtigkeiten, irgend etwas erreichen konnte, so lange man nicht den Schlupfwinkel einer anderen mathematischen Auslegung derselben Thatsachen versperrte. Hierzu bedurfte es einer besondern Wahl der Waffen. Jeder Stand hat seine besondern Eigenheiten, und zu den Eigenheiten des Völkchens der Physiker gehört der Glaube, daß nur Zahlen, nicht Worte, etwas entscheiden. Man mag ihnen zehnmal beweisen, daß die von ihnen angenommene Lehre die handgreiflichsten Widersprüche enthalte, das prallt wirkungslos ab, es wird „überhört"; dieser Ton hat hier keinen Klang, er bringt die Herren nicht zum Stehen, sondern sie marschiren dabei zufrieden lächelnd weiter. Wäre das hier die empfindliche Seite, so würde es ja zu der Annahme des Widerspruchsvollen eben garnicht gekommen sein. Hier thun andere Mittel noth. Man muß ihnen das Signal geben, daß einige Rechnungen und Messungen, die sie als richtig in die Welt eingeschwärzt haben, verdächtig gefunden worden sind. Ob solcher Behauptung, die ein crimen laesae majestatis enthält, wird sogleich Allarm geschlagen werden, und die bis dahin nicht erreichbaren Gegner werden sich stellen. Nun kann man sie in aller Freundlichkeit ersuchen, doch gefälligst noch einmal die schönen Winkel nachzumessen, in denen ein falscher Sinus angewandt ist, und die Zahlenreihe nochmals zu überrechnen, die einen falschen Bruchwerth enthält. Die Physiker verlangen, um es mit einem Worte zu sagen, daß man sie mit ihren eigenen Waffen bekämpfe: man muß sich diese Mühe nicht verdrießen lassen.

Diesen Bescheid, für welchen die folgenden Abschnitte bestimmt sind, wollen wir ihnen zu geben versuchen. Wenn ich dabei den Lesern nicht sofort das Endergebniß der zur Entscheidung der

vorliegenden Streitfrage von mir unternommenen Untersuchungen vorlege, sondern auch etwas von dem Gange, den ich dabei eingehalten, berichte, so, hoffe ich, wird dies durch die Ueberzeugung gerechtfertigt sein, daß eine gleichzeitige Berührung mancher naheliegenden Irrthümer zur Befestigung der Wahrheit mehr beiträgt, als die nackte Anführung der letztern für sich. Die Rücksicht auf ein rasches Nahen zum Ziel wird deßhalb nicht außer Acht gelassen werden.

Der von Newton vergessene Winkel.

Als ich mich zur Untersuchung der prismatischen Farbenerscheinungen anschickte, zu der mir, wie ich erwähnt habe, durch Schopenhauer's Schriften die Anregung wurde, hatte ich Göthe's Farbenlehre noch nicht gelesen. Erst während der Fortsetzung meiner Versuche las ich dieselbe und verglich andere diesen Gegenstand betreffende Werke. Ich befand mich daher bei meinen Beobachtungen in ziemlicher Unabhängigkeit von den durch Andere erhaltenen Resultaten, da ich dieselbe großentheils erst hinterher näher kennen lernte. Ich theilte denn auch alle Schwierigkeiten eines solchen, ohne weitere Vorbereitungen unternommenen Ganges, bei welchem die Gefahr in einseitige Irrthümer zu verfallen, durch das größere Maß der Selbstständigkeit oft nur ein Gegengewicht von zweifelhaften Werth erhält.

Der Zufall fügte es, daß die ersten Prismen, mit denen ich mich beschäftigte — es war ein gleichseitiges und ein rechtwinkliges gleichschenkliges Prisma von Krystallglas — zu der Gattung der sogenannten Spiegelprismen gehörten. Diesem Umstande mochte es beizumessen sein, daß meine Aufmerksamkeit zunächst auf die spiegelnde Wirkung der Prismen gelenkt wurde. Da ich dieselbe so bedeutend fand, daß es bei gewissen Stellungen der Prismen in Folge der Spiegelung unmöglich war, durch dieselben hindurchzusehen, so kam ich auf die Vermuthung, daß dieser Spiegelung ein Antheil an den prismatischen Farbenerscheinungen zukommen möchte. Ich sah mich in dieser Vermuthung durch die

Wahrnehmung bestärkt, daß ich die Spiegelbilder farblos fand, wenn die betreffenden Prismenflächen sich vollständig spiegelnd verhielten, so daß man nicht durch dieselben zu sehen vermochte, daß die Spiegelbilder dagegen unter Regenbogenfarben erschienen, sobald die Flächen ein gemischtes Verhalten zeigten, sich halb spiegelnd, halb durchsichtig verhielten. Ein Gleiches schien mir auch bei den durch das Prisma gesehenen, d. h. nicht durch Spiegelung wahrgenommenen Gegenständen stattzufinden, indem ich bei dem Erscheinen der Farben an denselben auch immer einen gleichzeitig von den Prismenflächen in das Auge fallenden Spiegelschein wahrzunehmen glaubte.

Der folgende Versuch schien mir eine Bestätigung dieser Annahme zu liefern. Ich legte eins von jenen Prismen der Länge nach auf ein bedrucktes Blatt Papier. Sah ich nun gerade von oben auf das Prisma, so bemerkte ich die darunter befindliche Schrift zwar durch die Brechung verschoben, aber ohne Farben, und fand dann auch die auf dem Papier ruhende Fläche des Prismas ganz klar durchsichtig, ohne daß ein spiegelnder Schein von ihr ins Auge fiel. Hob ich aber die eine Kante des Prismas, während ich die andere ruhen ließ, allmälig von dem Papier in die Höhe, so begann die Fläche, welche früher auf dem Papier lag, einen spiegelnden Schein anzunehmen, und gleichzeitig erschien dann auch die vorher farblose Schrift farbig. Es schien mir also hier ein Zusammenhang der Farbenerscheinung mit einem halbspiegelnden Verhalten der Prismenflächen vorzuliegen. Beiläufig bemerkt, fand ich bei dieser Gelegenheit, daß die Prismen zu subjectiven Doppelbildern Anlaß geben können. Sah ich in schiefer Richtung durch das Prisma, so konnte ich dieselbe Schrift doppelt über einander erblicken. Hielt ich das eine Auge zu, so verschwand das Nebenbild.

Es lag mir zunächst ob, zu ermitteln, ob die spiegelnden Eigenschaften und der Einfluß, den ich denselben auf die Farbenerscheinung zuschrieb, auf gewisse Formen, oder eine bestimmte Glasart der Prismen beschränkt sei. Ich verglich daher Prismen aus Flintglas und Crownglas, sowie Prismen von verschiedener Größe und verschiedenen Winkeln. Ich fand hierbei Unterschiede in der Ausdehnung und Lebhaftigkeit der Farbenerscheinung, wie auch in der Wahrnehmbarkeit der Spiegelung, je nach der Glas-

art und der Form der Prismen. Namentlich fand ich die Häufigkeit und Deutlichkeit der Spiegelung bei den Prismen mit sehr kleinem Winkel, in Vergleich zu den starkwinkligen, sehr verringert, doch schien mir dieselbe nirgends ganz zu fehlen, wofür ich indessen erst später ein bestimmtes Auskunftsmittel erlangte. Dabei zeigten auch die kleineren und schwachwinkligen Prismen eine geringere Ausdehnung und Stärke der Farben, während ich Beides bei den größeren und starkwinkligen Prismen in zunehmendem Maße fand. Diese Beobachtungen schienen mir also nicht gegen den vermutheten Einfluß der Spiegelung auf die prismatische Farbenerscheinung zu sprechen.

Indem ich mich, um einen weiteren Aufschluß über meine Annahme zu erhalten, der Betrachtung der objectiven Farbenerscheinung des prismatischen Spectrums zuwandte, bestand mein erster Versuch darin, daß ich ein horizontal gehaltenes, von der Sonne beschienenes gleichseitiges Prisma um seine Achse drehte. Ich fand, daß sich hierbei innerhalb eines durch den Fußboden, die Wände und die Decke des Zimmers beschriebenen Kreises gleichzeitig drei farblose und drei farbige Sonnenbilder zeigten. Diese Wahrnehmung machte mir die Richtigkeit der Newton'schen Farbentheorie zweifelhaft. Denn wenn die Erscheinung der Farben allein von der verschiedenen Brechbarkeit derselben, wie Newton es lehrte, abhängen sollte, so müßte man erwarten, daß durch dieselbe Lichtquelle, durch dasselbe brechende Mittel, zu derselben Zeit und in denselben Entfernungen, auch ein gleicher Erfolg, also entweder nur farbige oder nur farblose Bilder erscheinen müßten, während sich hier das Gegentheil davon zeigte.

Ich machte hierauf einige Abende hindurch Versuche, ob sich auf künstlichem Wege durch den abwechselnden Eindruck eines stärkeren und schwächeren Lichts Farben erzeugen ließen. Zu diesem Behufe stellte ich auf einer Scheibe von Cartonpapier Kreisausschnitte her, welche abwechselnd mit einer Nadel durchlöchert wurden und undurchlöchert blieben, und versetzte diese Scheibe, dieselbe gegen die Lampenflamme haltend, in Drehung. Es wurden in der That hierbei Farben bemerklich, besonders Roth und Grün, welche von Andern, ebenso wie von mir, wahrgenommen wurden. Dieselben waren jedoch nicht lebhaft genug, um für mich als ein befriedigendes Ergebniß dieses Versuchs zu

gelten, was indessen der Unvollkommenheit des Apparats Schuld gegeben werden konnte.

Ich führe diesen Versuch nur an, weil er die Veranlassung zu einer andern Wahrnehmung wurde, welche für unsere Untersuchung von Wichtigkeit ist. Als ich nämlich durch eine durchlöcherte Stelle des Cartonpapiers, welches ich zusammengebogen hatte, nach der Flamme der Lampe sah, bemerkte ich an derselben ähnliche farbige Randerscheinungen, wie wenn man dieselbe durch ein Prisma betrachtet. Da es mir schien, daß diese Farbenerscheinung weniger durch die Begrenzung der feinen Nadellöcher, als durch das Fallen des Lichts über den nach dem Auge zugebogenen Rand des Cartonpapiers begünstigt wurde, so stellte ich, um den Einfluß eines solchen Randes näher zu ermitteln, denselben Versuch mit verschiedenen andern Gegenständen an, indem ich unter Andern über den Rand der Hand, eines Buches, eines messingenen Lineals, nach der Flamme sah. Die Farbenerscheinungen waren dabei stets wahrzunehmen, mitunter mit gleicher Lebhaftigkeit, wie beim Prisma. Daß bei diesen Farbenerscheinungen Lichtwellen, welche aus dem geradlinigen Verlauf abgezogen waren, mitwirkten, war daraus zu schließen, daß der Rand der vorgehaltenen Gegenstände an der Stelle, woher der Lichtstrom der Flamme zum Auge gelangte, wie ausgeschnitten erschien. Man sieht auf diese Weise die Flamme um die Ecke, wie man ebenfalls mittelst gebrochener Lichtstrahlen um die Ecke sehen kann, wie das bekannte Experiment der über den Rand der Tasse im Wasser sichtbar werdenden Münze zeigt. Der Zufall hatte mich hier auf die unter dem Namen der Beugung des Lichts bekannte Erscheinung geführt, welche, wie ich später ersah, zuerst von Grimaldi entdeckt wurde.

Für die Leser, welche diesen sehr leicht auszuführenden Versuch machen wollen, bemerke ich, daß zum Gelingen desselben Folgendes zu beachten ist. Man halte das eine Auge zu, damit der Lichteindruck auf dasselbe nicht störend wirke. Der an der Seite des anderen Auges vorgehaltene Gegenstand muß ganz dicht an den inneren Augenwinkel angepreßt werden, damit kein Licht hinter demselben zum Auge durchgeht. Er braucht keine große Ausdehnung nach vorn, d. h. nach der Flamme zu, zu haben, dagegen darf er in der Richtung von der Stirn zum Munde

nicht zu kurz sein, damit das Auge genügend vor dem seitwärts einfallenden Lichte geschützt werde, wie überhaupt die Stellung des Beobachtenden zur Flamme eine solche sein muß, daß die Beschattung des Auges leicht erreicht werden kann. Es ist daher von beiden Augen das von der Flamme mehr entfernte zu dem Versuche zu wählen. Man halte nun den an's Auge im innern Augenwinkel angelegten Gegenstand so, daß man noch die ganze Flamme sieht. In diesem Falle erblickt man gewöhnlich noch keine Farben. Man verdecke nun allmälig die Flamme, indem man den vom Auge abgekehrten Rand des vorgehaltenen Gegenstandes mehr nach der Schläfe zu neigt. Wenn die Flamme beinahe bis auf den letzten Rest, oder ganz für den geraden Weg, verdeckt, und der Rest derselben nur noch wie durch eine Lücke des vorgehaltenen Gegenstandes sichtbar ist, dann erscheint der Rand der Flamme unter Farben. Sind dieselben einmal erschienen, so kann man allmälig den Rand des vorgehaltenen Gegenstandes wieder etwas von der Schläfe zurückneigen, und kann dann die ganze Flamme mit farbigen Rändern, scheinbar durch einen Ausschnitt des vorgehaltenen Gegenstandes, erblicken. Später fand ich, daß man auch ohne einen vorgehaltenen Gegenstand, beim bloßen Zusammenkneifen des Auges die Flamme mit farbigen Rändern sehen kann, wobei wahrscheinlich die einander genäherten Augenwimpern einen ähnlichen Einfluß ausüben, wie die im ersteren Falle vorgehaltenen Gegenstände. Was die Ordnung der Farben betrifft, so sieht man, bei einem vorgehaltenen Gegenstande, den blauen Saum an der Flamme in der Richtung, wo die Verdeckung derselben aufhört, also in der Richtung des äußeren Augenwinkels, wenn die Stellung des Beobachtenden die oben angeführte war, den rothen Saum dagegen in der Richtung des mehr verdeckten Theils der Flamme, also in der Richtung des inneren Augenwinkels. Bei dem nur zusammen gekniffenen Auge, ohne vorgehaltenen Gegenstand, erscheinen die farbigen Säume in mehrfach wiederholten Abtheilungen an der Flamme.

Daß übrigens eine Anziehung bei diesen aus der geraden Richtung gebeugten Lichtstrahlen im Spiele sei, wie Grimaldi und Newton es aufgefaßt hatten, beruht lediglich auf einer Täuschung. Wenn man einem Wasserstrom ein Brett entgegen-

stellt, so schießt das Wasser nicht geradlinig an diesem Brett vorüber, sondern es spritzt auch nebenbei zur Seite. Mit den Lichtwellen hat es eine ähnliche Bewandtniß, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man durch irgend eine Schranke das Licht abzusperren versucht. Man vermag es damit keineswegs vollständig geradlinig abzuschneiden, sondern es dringt immer wieder seitwärts hervor, oft auf Umwegen, deren Weite überrascht. Diese Lichtwellen, welche man in der Unterstellung einer auf dieselben wirkenden Anziehung gebeugte genannt hat, würden daher, da sie einfach dem Gesetz des stärkeren Druckes folgen, richtiger als nebenbeiquillende bezeichnet werden. Fresnel hatte daher Recht, wenn er diese Erscheinung als einen für die Wellenbewegung des Lichts sprechenden Beweis auffaßte.

Ich wandte mich hierauf wieder der Beobachtung der objectiven Erscheinung des prismatischen Spectrums zu. Da nämlich alle subjectiven Versuche immer das Mißliche haben, daß die dabei beobachteten Ergebnisse nicht zugleich den Augen Anderer vorliegen, so war mein Bestreben darauf gerichtet, ob sich nicht vielleicht Mittel ausfindig machen ließen, wodurch die für die prismatischen Farbenerscheinungen wesentlichen Bedingungen auf eine handgreifliche, für Aller Augen anschauliche Weise dargestellt werden könnten. Es war mir einleuchtend, daß, um hierüber eine ersprießliche Auskunft zu erlangen, es am Wichtigsten sein würde, die ersten Anfänge des Spectrums bei seinem Austritt aus dem Prisma genau zu beobachten. Zu diesem Zwecke hatte ich ein von der Sonne beschienenes Prisma auf dem Fensterbrett lothrecht auf ein Buch gestellt und beobachtete den ersten Beginn der an der Basis des Prismas austretenden Farbensäume, welche auf das Buch auffielen, indem ich zugleich die Veränderungen in der Form des Spectrums, welche durch verschiedene Stellungen des Prismas veranlaßt wurden, beachtete. Zu diesem Behufe wurde das Prisma durch eine untergesetzte Schachtel erhöht, mancherlei Schiefstellungen und Drehungen unterworfen, und das Spectrum an verschiedenen Stellen, bald auf dem Fensterbrett, bald unterhalb desselben aufgefangen.

Auch der einfachste Versuch, welchen die Leser in dieser Weise anstellen wollen, wird sie sogleich davon überzeugen, daß die von Göthe über diese Erscheinungen gemachten Angaben sich als

durchaus naturgetreu erweisen, während sich ein Gleiches für die Behauptungen Newton's nicht ergiebt. Man sieht auf den ersten Blick, wenn man das Spectrum in seiner ersten Entstehung am Prisma beobachtet, daß die Farben desselben nicht, wie Newton behauptete, aus einer stetigen Reihe bestehen, sondern daß sie als zwei durch eine weiße Mitte getrennte Bündel von den entgegenstehenden Rändern austreten, indem sie durch kegelförmige Projection über die dazwischen liegende weiße Mitte sich einander nähern. Man kann daher ganz nach Belieben Spectra mit und ohne dazwischen liegendes Weiß bilden, je nachdem man durch die Form der Projection die farbigen Säume von einander fern hält, oder sie zusammentreten läßt. Nur dann, wenn man den gelben und blauen Saum einander so weit nähert, daß sie theilweise übereinander fallen, erscheint das Grün, ein sicherer Beweis, daß dasselbe nicht, wie Newton lehrte, als ein uranfänglicher Lichtstrahl vermöge seiner besonderen Brechungsart aus dem Prisma hervorschießt, sondern daß dasselbe erst aus der Vermischung des gelben und blauen Farbensaums hervorgeht.

Ebenso wird man finden, daß Newton's Behauptung von einer constanten Form des prismatischen Spectrums nur in bedingter Weise richtig ist. Constant ist nämlich daran nur das, daß verhältnißmäßig der blaue oder violette Saum der mehr ausgeweitete, d. h. dem Prisma mehr zugeneigte ist, so daß man ihn durch Hineinfallen in's Prisma verschwinden lassen kann, aber nicht ebenso den rothen Saum, was eine einfache Folge davon ist, weil der Strom des aus dem Prisma tretenden Lichts überhaupt von der brechenden Kante abwärts gerichtet ist. Im Uebrigen aber kann von einer constanten länglichen Form des prismatischen Spectrums, wie man sie bei Newton hingestellt findet, keine Rede sein, da die Form desselben durchaus von der Neigung der Prismenflächen gegen das Licht, sowie von der Projectionsrichtung und Auffallsstelle des austretenden Lichts abhängt, so daß man das Spectrum nach Belieben nach der Breite, Länge oder Diagonale ausdehnen oder zusammenziehen kann.

Dagegen wird man Göthe's Angabe bestätigt finden, daß sich im Spectrum über einander geschobene Bilder bemerklich machen, durch welche, außer einem mittleren Theil, in welchem

sie sich decken und der deshalb weniger durchsichtig ist, zwei durchscheinende Säume eines dünneren Lichts gebildet werden, an denen eben die Farben auftreten. Ebenso wird man den von Göthe hervorgehobenen Einfluß der das Licht beschränkenden Grenzen für die Farbenerscheinung bestätigt finden. Man mag so viel schattenwerfende Körper, als man will, in dem weißen Raum des Spectrums anbringen und dadurch in demselben neue Begrenzungen zwischen Licht und Schatten einschalten, stets wird man an diesen Grenzen immer auf's Neue die Farben in derselben Ordnung, den rothen Saum zunächst an der brechenden Kante des Prismas, den blauen Saum am entgegengesetzten Rande, sich wiederholen sehen.

Als ich, mit diesen Beobachtungen beschäftigt, zu einer weiteren Vergleichung der aus dem Prisma kommenden Farbensäume, ein zweites Prisma in der Nähe des Fensters auf dem Fußboden des Zimmers auf einen Bogen weißen Papiers gestellt hatte, gewahrte ich zu meiner nicht geringen Ueberraschung dieses zweite, von der Sonne beschienene Prisma ringsum von vielfachen auf das Papier projicirten Bildern umgeben, von denen einige so täuschend aussahen, als wenn sie mit weißer Kreide oder mit weißer Lackfarbe in dicken Strichen aufgetragen wären, daß man in Versuchung versetzt schien, diesen Anstrich mit einem Tuche wegwischen zu können. Diese Bilder zeigten nämlich parallele Streifen einer derartigen gesättigten weißen Farbe, zwischen denen minder gedeckte, dunkle Schichten verliefen. Das regenbogenfarbene Spectrum hatte ich oft genug gesehen, aber es war mir bisher noch unbekannt, daß das Prisma auch Anstrich in weißer Kreide oder weißem Lack besorgt.

Die Leser werden es begreiflich finden, daß, für den Zweck, der mir vorschwebte, diese Wahrnehmung mir ungefähr das galt, was für das Schiff des Kolumbus der Ruf: Land! Ich rief sogleich einen weiteren Zeugen zu dieser Erscheinung herbei, um zu erproben, welchen Eindruck dieselbe auf Andere hervorbrachte, und ich fand, daß die Ueberraschung über diesen eigenthümlichen Anblick hier nicht geringer war, wie bei mir. Dann nahm ich einen Bleistift zur Hand, zog die Umrisse der Projectionen auf dem Papier nach und bemerkte mir die verschiedenen Färbungen derselben. Ein glücklicher Zufall hatte mir das zugeführt, was

ich suchte, den ich lediglich der Courtoisie des Prismas zu danken hatte. Aus Erkenntlichkeit dafür, daß ich es aufrecht, nicht in der üblichen Schwebelage, fern von kleinen Löchern und dunkler Kammer, auf einem reinlichen Bogen weißen Papiers aufgestellt hatte, wo die helle Sonne ihm frei auf das Haupt schien, während die Fensterbrüstung unterhalb störendes Nebenlicht ihm abhielt, beschenkte es mich mit den selbst gezeichneten Bildern von den Wanderungen des Lichts an und durch seinen Körper, welche man, mit Hülfe des Bleistiftes, Schwarz auf Weiß gebracht, getrost ans Schreibpult tragen und in Muße studiren konnte.

Mit einiger Ungeduld erwartete ich den Abend, um zu sehen, ob sich dieselbe Erscheinung auch beim Lampenlicht zeigen würde. Denn wer nur einige prismatische Versuche in der Sonnenbeleuchtung gemacht hat, wird sich bald zu der Ueberzeugung hingedrängt sehen, wie sehr für solche Versuche das künstliche Licht den Vorzug vor dem Sonnenlicht verdient. Abgesehen davon, daß man, um der Verrückung der Bilder durch die Bewegung der Erde zu entgehen, für genaue Untersuchungen einer künstlichen Vorrichtung zum ebenmäßigen Auffallen des Lichts auf das Prisma, eines sogenannten Sonnenstellers (Heliostat) bedarf, verursacht auch die Verfinsterung der Sonne durch die Wolken, welche die Beobachtungen oft auf lange Zeit unterbricht, oder ganz unmöglich macht, eine sehr unangenehme Störung. Diesen beiden Fatalitäten entgeht man bei einem gleichmäßig brennenden Lampenlicht, welches aber außerdem noch den sehr großen Vortheil gewährt, daß man es beliebig stellen und verändern und dabei die Entfernungen und Winkelrichtungen viel besser messen kann. Erscheinen auch die Farben beim Lampenlicht in minderem Glanze als beim Sonnenlicht, so kommt es doch, wie schon Castel richtig hervorgehoben hat, hier weniger auf eine kindliche Freude an dem Glanze der Farben, als auf die Sicherheit an, mit welcher man die erste Entstehung derselben zu erforschen im Stande ist. Ich prüfte also am Abend, ob sich die am Tage gefundene Erscheinung beim Lampenlicht wiederholte. Und siehe da, sie erschien. Waren auch die Farben nicht ganz so lebhaft, wie beim Sonnenlicht, so zeigten sich doch, was die Hauptsache war, die vom Prisma selbst aufgezeichneten Bilder in durchaus genügender Deutlichkeit. Somit befänden wir uns auch in der

Lage, die Erscheinungen — was das dritte Wort bei den Newtonianern bildet [42]) — „selbst reden lassen“ zu können.

Ich bitte demnach die Leser, die auf den beigegebenen Tafeln befindlichen Abbildungen der Prismenbilder zu betrachten, und lade sie ein, sich selbst von den eigenen Zeichnungen des Prismas durch einen derartigen Versuch zu überzeugen, der eben so unterhaltend wie lehrreich ist, ohne im Uebrigen die mindeste Umständlichkeit zu erheischen. Die Physiker aber bitten wir um Nachsicht, wenn die Erinnerung an die dunkle Kammer und das mit so vieler Aengstlichkeit in eine Metallplatte gestochene kleine Loch uns nochmals ein Lächeln abnöthigt, nachdem wir nun den Beweis in Natura vorzulegen im Stande sind, daß man ohne eine solche Umständlichkeit eine viel deutlichere Anschauung von den am Prisma sichtbaren Wirkungen der Lichtströme erhalten kann.

Es bedarf zu diesem Versuche weder eines großen Apparats, noch einer großen Vorbereitung. Ein Prisma, ein Bogen weißes Papier, eine frei brennende Lampe, ein paar kleine Gegenstände (wie Fäden, Papierscheibchen u. dgl.) zur Befestigung an den Flächen des Prismas, um sich leichter in den von demselben hingeworfenen Bildern zurecht zu finden, endlich ein paar kleine Gegenstände (wie ein kleines Buch, ein Schächtelchen u. dgl.), welche man zur Beschattung einzelner Partieen verwenden kann, das ist Alles, was man, um einen günstigen und raschen Erfolg dieses Versuchs zu erreichen, nöthig hat. Statt der Lampe genügt für Versuche von kürzerer Dauer auch ein gewöhnliches Kerzenlicht, wenn es nicht zu sehr flackert. Ja ich bin überzeugt, daß, wie ein ordentlicher Operateur nicht zagen darf im Fall der Noth den Kaiserschnitt mit einem Brodmesser zu machen, beim Mangel einer bessern Beleuchtung selbst noch das Lichtstümpfchen einer Stalllaterne zur Ausführung dieses Versuchs ausreichen würde, den die Natur selbst mit so großer Sicherheit vollzieht. Zu solchen Nothbehelfen würden es indessen, wie ich überzeugt bin, die theilnehmenden Hausfrauen in diesem Falle nicht kommen lassen, da sie selbst auch gern einmal die eigenen Zeichnungen des Prismas sehen und hierzu bereitwillig eine Lampe spendiren werden.

Die erwähnten, zur Beschattung dienenden Gegenstände er-

füllen den Zweck, die weniger hellen, vom Prisma ausgehenden Bilder in voller Deutlichkeit sichtbar zu machen, da sich dieselben, ohne eine derartige Abhaltung des störenden Nebenlichts, leicht der Wahrnehmung entziehen. Ich habe mich zu diesem Zwecke niedriger Pappschächtelchen (in Form der länglichen Pulverschachteln der Apotheken) bedient, welche ich so neben dem Prisma aufstellte, daß das von oben aus der Lampe in das Prisma einfallende Licht dadurch nicht behindert, und doch einzelne Theile seiner Umgebungen auf der Fläche des Papiers beschattet wurden. Ein kleines Buch, oder überhaupt ähnliche leicht aufstellbare Gegenstände von geringem Umfang, thun hierbei natürlich dieselben Dienste. Man sondire also mit solchen, nur unterhalb beschattenden Gegenständen die Umgebungen des Prismas auf dem Papier ringsherum. Man wird dann in der Beschattung Bilder deutlich hervortreten sehen, die man vorher entweder garnicht, oder nur undeutlich wahrnahm.

Auf den Tafeln sind drei Abbildungen von den an den Prismen erscheinenden Lichtbildern gegeben. Die erste Abbildung zeigt die Erscheinung, wie ich sie das erste Mal in der Sonnenbeleuchtung an einem gleichseitigen Prisma wahrnahm, die dritte Abbildung zeigt die Projectionen desselben gleichseitigen Prismas bei Lampenlicht, die zweite Abbildung die Projectionen eines spitzwinkligen ungleichschenkligen Prismas bei Lampenlicht.

Für das bessere Verständniß der im Folgenden zu gebenden Auseinandersetzung wird es zweckmäßig sein, eine Erklärung einer dieser Abbildungen vorauszuschicken, welche, wie ich glaube, für manche Leser um so eher willkommen sein wird, weil die Zurechtfindung in den zahlreichen, das Prisma umgebenden Lichtfiguren bei einer bloßen Abbildung schwieriger ist, als in der Wirklichkeit. Ich wähle zu dieser Erklärung die dritte Abbildung (Taf. II. Fig. 1 u. 2), bei welcher dem Prisma eine solche Stellung gegeben war, daß die Projectionen desselben zugleich in voller Reichhaltigkeit und möglichster Deutlichkeit ihrer Umrisse hervortraten. Um die den verschiedenen Flächen angehörenden Lichtprojectionen leichter unterscheiden zu können, hatte ich an der der Lampe zumeist zugewandten Fläche A des Prismas zwei mit ein Paar Perlen beschwerte Seidenfäden und am obern Theil einen Ring von Cartonpapier, an der andern der Lampe zugewandten Fläche

B ein Scheibchen von Cartonpapier und an der der Lampe abgewandten Fläche C ein Wachskügelchen befestigt.

Man sieht die Grundfläche des Prismas, den Schatten mit eingerechnet, von nicht weniger als zehn verschiedenen Bildern umgeben. Das auf die beiden der Lampe zugewandten Flächen A und B auffallende Licht wird von diesen theilweise gespiegelt und bildet die beiden von der Lampe schräg seitwärts gerichteten Figuren G und M, die ersten mit den doppelten Bildern der seidenen Fäden und des Cartonpapiers, die zweite mit dem doppelten Bilde des Cartonscheibchens. Man kann diesen durch die erste Theilung des Lichtstroms gebildeten Projectionen hiernach die Bezeichnung als erste Spiegelbilder beilegen. Das Licht tritt nun durch die beiden Flächen A und B ins Prisma ein und wird abermals an der dem Lichte abgewandten Fläche C gespiegelt, wodurch die beiden durch die Flächen B und A austretenden, nach der Lampe zu gerichteten Figuren N und O entstehen, von denen die erstern mit dem Bild des Cartonrings, der Seidenfäden und des Cartonscheibchens als ein Spiegelbild des durch die Fläche A, die zweite, nur im untern Theil mit dem Bild der Seidenfäden sichtbare, als ein Spiegelbild des durch die Fläche B eingetretenen Lichts sich darstellt. Man kann diese Projectionen N und O demnach als die zweiten oder secundären Spiegelbilder bezeichnen. Das auf doppeltem Wege eingetretene und zum zweiten Male getheilte Licht tritt nun endlich durch die der Lampe abgekehrte Fläche C aus dem Prisma, und bildet hier die beiden über einander greifenden Figuren K und H, von denen die erstern durch die Bilder des Cartonringes und der Seidenfäden als die Projection des durch die Fläche A eingetretenen Lichts, die zweite mit den Bildern des Cartonscheibchens und des Wachskügelchens als die Projection des durch die Fläche B eingetretenen Lichts sich ausweisen. Die Figur K greift theilweise über das erste Spiegelbild M der Fläche B, und beide Figuren K und H greifen über den durch das Prisma gebildeten Schatten I. Außerdem fällt diagonal über die Figur K ein hellweißer Streifen L an der Kante F durchscheinenden Lichts, der ein zweites Spiegelbild der an der Kante E und D doppelt gespiegelten Lichtes ist. Am entgegengesetzten Theil ist der gerade nach der Lampe gerichtete Streifen Q als erstes Spiegelbild der dortigen Kante D bemerk-

lich, während ebendaselbst ein dunklerer Streifen P zwischen den beiden Spiegelbildern N und O zum Vorschein kommt, als der Theil des von der Kante E kommenden Lichts, welcher an der Kante D nicht gespiegelt wird, sondern austritt.

Es machen sich mehrere Eigenthümlichkeiten in der Form und den Farben der hier vorliegenden Bilder bemerklich. Farbige Säume zeigen hier nur die beiden von den vordern Flächen A und B durchtretenden Lichtprojectionen K und H. Bei beiden Projectionen tritt der rothe Saum in der Richtung der gegen den durchtretenden Lichtstrom zusammenneigenden Prismenflächen, d. h. nach der Winkelspitze oder der sogenannten brechenden Kante des Prismas zu, also auf dem kürzeren Wege, der blaue Saum in der Richtung der gegen den durchtretenden Lichtstrom auseinandergehenden Prismenflächen, d. h. nach der Winkelöffnung, dem stärkeren Theile des Prismas zu, also auf dem längeren Wege der durch das Prisma strömenden Lichtwellen aus. Der obere Saum der Proejctionen, d. h. der, welcher dem obern Theil des aufwärts stehenden Prismas entspricht, ist bei der Figur K roth, bei der Figur H blau; er hat die Färbung des Längssaums, mit welchem er in der Projection einen stumpfen Winkel bildet. Die Mitte zwischen den farbigen Säumen, welche eine weniger dichte, mehr durscheinende Beschaffenheit zeigen, ist von einer Schicht gesättigten kreideähnlichen Weiß gebildet, wobei auf dieser weißen Schicht an den Rändern der Schattenprojectionen (bei der Figur K an der Projection des Ringes, bei der Figur H an der Projection des Wachskügelchens) die farbigen Säume sich in gleicher Ordnung wiederholen. An diesen beiden Projectionen K und H ist deutlich zu bemerken, daß sie aus zwei über einander geschobenen Bildern bestehen, welche an den Theilen, in welchen sie sich nicht decken, die farbigen durchscheinenden Säume bilden. Die ersten Spiegelprojectionen derselben Flächen G und M zeigen ebenfalls zwei über einander geschobene Bilder, ohne daß bei ihnen Farben hervortreten. Bei genauerer Betrachtung findet man jedoch einen Unterschied in der Form zwischen den Doppelbildern der Figuren K uud H und denen der Figuren G und M. Die letzteren haben eine mehr geradlinige Form, während die ersteren eine bogenförmige Verziehung zeigen. Die zweiten Spiegelprojectionen

N und O der an denselben Flächen eintretenden Lichtströme zeigen dagegen weder übereinandergeschobene Bilder noch Farben. Ein hiermit übereinstimmendes Verhalten zeigen die von den Kanten des Prismas herrührenden Projectionen L, Q und P. Das erste Spiegelbild M der von der Lampe mehr abgeneigten und daher stärker spiegelnden Fläche B zeigt eine hellere Färbung als das erste Spiegelbild G der Fläche A, während bei den zweiten Spiegelbildern N und O derselben Lichtströme das umgekehrte Verhältniß obwaltet. Die Projection K der dem Lichte mehr zugewandten Fläche A macht den Theil des helleren Spiegelbildes M der Fläche A, wo sie auf dieses fällt, verschwinden, während dagegen das hellere an der Kante F heraustretende zweite Spiegelbild L der Kante E die Stelle der Projection K, über welche es fällt, wenigstens theilweise unkenntlich macht. Dagegen scheinen die ersten und zweiten Spiegelbilder M und N der Flächen A und B über einander durch, und ebenso bleiben die Projectionen K und H, wo sie über einander und den Schatten I greifen, beiderseits kenntlich, wobei die über einander greifenden Stellen sich theils durch eine hellere, theils durch eine gesättigtere Färbung auszeichnen. Endlich ist noch zu bemerken, daß die Projection H, welche von der der Flamme weniger zugeneigten und also stärker spiegelnden Fläche B herkommt, etwas weniger lebhafte Färbung zeigt, als die Projection K der dem Lichte mehr zugeneigten Fläche A.

So weit liegt Alles mit Deutlichkeit unmittelbar vor Augen. Verbindet man die Punkte, in welchen die Richtung des Lichts gegen die an den Flächen des Prismas befestigten kleinen Gegenstände die Grundfläche des Prismas schneidet, mit den Punkten, in welchen die Schatten derselben Gegenstände in den Projectionen jene Grundfläche schneiden, so hat man unmittelbar auf der letzteren die Linien projicirt, welche den Wegen der durch das Prisma strömenden Lichtwellen entsprechen.

Es bleiben indessen hiernach noch mehrere Fragen zu beantworten, nämlich: 1) Wodurch entstehen die Doppelbilder bei den Projectionen des Prismas? warum treten sie bei einigen derselben auf, bei anderen nicht? wodurch wird die Verschiedenheit in der Form der Doppelbilder der ersten Spiegelprojectionen und der Projectionen des durchfallenden Lichts bewirkt? 2) in welchem

Zusammenhange stehen die Regenbogenfarben mit den Doppelbildern? warum werden sie bei einigen der letzteren sichtbar, bei anderen nicht? 3) warum erscheinen die Farben an den Säumen und nicht in der Mitte der Projectionen? warum wiederholen sich die Farbensäume in derselben Ordnung bei jeder neuen Begrenzung innerhalb der weißen Mitte? gehört von den Farbensäumen einer dem einen, der andere dem anderen Doppelbilde an? erweist sich das Erscheinen gewisser Farben als nothwendig? oder beschränkt sich die Regelmäßigkeit nur auf eine bestimmte Ordnung der Farben? und wodurch wird im letzteren Falle diese Ordnung bedingt?

Ueber einige von diesen Fragen kann man theils durch eine weitere Analyse der vorliegenden Figuren, theils durch einige vergleichende Versuche leicht Auskunft erlangen. So kann man sich z. B. bald darüber Gewißheit verschaffen, daß ein Farbensaum nicht blos einem der Doppelbilder, sondern daß beide Farbensäume beiden Doppelbildern gemeinsam angehören. Durch die Neigung, welche man dem Prisma giebt, kann man bewirken, daß die Doppelbilder sehr weit auseinander fallen. Man gewahrt dann mit Deutlichkeit, daß an jedem der beiden Doppelbilder der blaue und rothe Rand vorhanden ist. Man wird dies auch natürlich finden, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die beiden Doppelbilder nur den Schein zweier über einander gelagerten ebenen Figuren gewähren, daß sie in Wirklichkeit den Grenzflächen eines vollen Lichtkörpers entsprechen. Die ganze eine Seite dieses Lichtkörpers ist von dem blauen, die andere von dem rothen Rand durchsetzt, und die Grund- oder Oberfläche desselben, d. h. diejenigen, welche den kleineren Seiten des Prismas entsprechen, welche man in der Sprache der Physik mit dem Namen des Hauptschnitts des Prismas bezeichnet, zeigt die Färbung derjenigen Seite, von welcher sie in der Winkelrichtung am wenigsten abweicht, und von der sie demnach am ehesten als Fortsetzung erscheinen kann.

Daß die zweiten Spiegelbilder in dem hier erklärten Falle ohne Doppelbilder und Farben erschienen, erweist sich nur als eine zufällige Folge der gleichseitigen Form des Prismas. Die dritte Abbildung zeigt die Projectionen eines spitzwinkligen ungleichschenklichen Prismas, unter denen ein secundäres Spiegel-

bild mit Doppelbildern und farbigen Säumen bemerklich ist. Dagegen fand ich die ersten Spiegelbilder immer ohne Farbensäume.

Hinsichtlich der Ordnung der Farben zeigt sich das constante Verhältniß, daß der rothe Rand immer näher an der brechenden Kante des Prismas, der blaue Rand immer entfernter von dieser erscheint, und zwar in gleicher Weise bei den Projectionen des durch das Prisma fallenden Lichts, wie bei den secundären Spiegelbildern. Die Farben reihen sich immer von einem Mittelpunkte aus, den oft in großer Ausdehnung das übrig bleibende weiße Feld bildet, nach zwei entgegengesetzten Richtungen an einander, indem auf der einen Seite neben der Mitte Gelb und Roth, auf der anderen Seite Blau und Violet erscheint. Das Auftreten der Farben selbst aber innerhalb dieser Ordnung unterliegt mancherlei Verschiedenheiten, die von der Auffallsstelle und der Form der Projection abhängen. In unmittelbarer Nähe des Prismas zeigten sich mir dieselben sowohl beim Sonnen= als beim Lampenlicht, nur gelbroth und blau. Erst in größeren Abständen der Projectionen vom Prisma erweitern sich die Farbensäume bis zum Roth und Violet, und wenn die Säume beider Seiten theilweise über einander treten, erscheint dann auch das Grün, wie das Uebereinandertreten des gelben und rothen Saums Orange liefert. Man kann, je nach der Neigung der Prismenflächen die eine Hälfte der Farben ausdehnen, die andere verringern, die Lebhaftigkeit derselben schwächen, indem man sie auf ein großes Feld verstreut, oder umgekehrt, durch ein Zusammenziehen des Lichts auf ein kleines Feld, die Lebhaftigkeit derselben steigern. Bei der stärksten Einengung des Spectrums, welche jedoch nur bei stärkeren Prismen gelingt, bleibt zuletzt von den Farben nur Grün und Roth übrig, welche dann in dem lebhaftesten Glanze, wie bemalte Perlmutter, erscheinen.

Es mag nicht unpassend sein, ehe wir uns zu einer weiteren Untersuchung über die Entstehung der Regenbogenfarben wenden, zunächst die einfachen Färbungen und Schattirungen der prismatischen Lichtbilder in Weiß und Grau einer Betrachtung zu unterziehen. Es ist in dieser Beziehung Folgendes zu bemerken: In einem durchscheinenden weißen Glanze erscheinen die prismatischen Projectionen, wenn die Ströme des Lichtkörpers möglichst

wenig verschoben sind, und also von Doppelbildern möglichst wenig bemerklich ist, wozu die secundären Spiegelbilder bei gewissen Formen der Prismen am ehesten Gelegenheit geben. Bei den Projectionen mit Doppelbildern zeigt sich da, wo diese sich nicht decken, ein Saum von durchscheinendem Licht, während der Theil, in welchem sie sich decken, in einem mehr gesättigten, oft durchaus körperlich erscheinenden Weiß oder Grau auftritt. Dieses körperliche Aussehen entsteht hier auf dieselbe Weise, wie bei den sogenannten Starkbildern (Stereoskopen) durch das Uebereinanderfallen gleicher Figuren, welche einer etwas abweichenden Achsenstellung unterliegen. In Betreff des Auftretens der Farbe darf man hierbei die Mitwirkung des von der weißen Unterlage des Prismas gespiegelten Lichts nicht übersehen. Stellt man dasselbe, statt auf einen weißen, auf einen Bogen farbigen Papiers, so zeigen die Projectionen dieselbe Pigmentstärke in der entsprechenden Farbe. Die Mitwirkung der von der Umgebung kommenden Spiegelwellen begünstigt hier in ähnlicher Weise die Bildung der gesättigten Farbe, wie dies bei einem Gemenge von Stoffen geschieht, welche das Licht verschieden brechen und von denen der eine beim Uebergang des Lichts zu anderen die Spiegelung begünstigt. So ist der weiße Schnee eine Mischung von Luft und Eis, Luft mit Wasser gemischt, giebt den Schaum und die Wolken, zerstoßenes Glas ein weißes Pulver. Umgekehrt kann man durch die Vereinigung von Stoffen, welche ähnliche lichtbrechende Eigenschaften besitzen, aus der gesättigten Farbe ein Durchsichtiges oder Durchscheinendes machen, wie es beim Papier geschieht, wenn es mit Oel getränkt wird.[43])

Je mehr verschiedenartiges Licht bei den Projectionen auf einem engen Raum zusammengedrängt wird, desto gesättigter erscheint die Farbe. Umgekehrt kann man den Projectionen mit gesättigter Farbe wieder einen durchscheinenden Glanz dadurch geben, daß man sie auf einem großen Raum auseinanderbreitet und ihre verschiedenartigen Bestandtheile dadurch gewissermaßen sondert. Der durchscheinende Glanz scheint hiernach hauptsächlich auf einem ebenmäßigen Verlauf der Lichtwellen und dem Freisein von verschiedenartigen oder ungleichförmigen Durcheinanderlagerungen derselben zu beruhen. Die Projectionen zeigen aber noch eine andere Art von Glanz, welcher durch die Concentra-

tion von vielem Licht bei den Bildern mit gesättigter Farbe entsteht. Während man den ersteren mit dem Glanze durchsichtiger Körper, z. B. des Glases, vergleichen kann, gleicht der andere dem Spiegelglanze der Metalle, der Perlmutter und ähnlicher Stoffe. Daß die verschiedenen Schattirungen der Projectionen in Weiß und Grau davon abhängen, je nachdem denselben viel oder wenig Lichtwellen zuströmen, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung.

Was das Verhältniß der Doppelbilder zu den Regenbogenfarben betrifft, so findet man die letzteren nur bei solchen Projectionen des Prismas, bei welchen die ersteren nicht fehlen, ein Beweis, daß die Verschiebung des aus dem Prisma kommenden Lichtkörpers von Einfluß für die Entstehung der Farben sein muß. Aber die Farben zeigen sich nicht an den ersten Spiegelbildern, wiewohl dieselben oft die Verschiebung darbieten, sondern nur an solchen Projectionen, welche Lichtwellen aus dem Prisma selbst erhalten. Hiermit will ich nicht behaupten, daß ein Auftreten farbiger Säume an diesen ersten Spiegelbildern des Prismas unmöglich sei, da nach den von Dove angeführten Versuchen, wo die Farben durch die Wechselwirkung eines gespiegelten und des direct am Spiegel vorbeigehenden Lichtes erzeugt werden, die Möglichkeit der Farbenerscheinung auch hier anzunehmen sein möchte. Aber mir ist es bisher wenigstens niemals geglückt, dieselbe bei diesen ersten Spiegelbildern wahrzunehmen. Es ist hieraus jedenfalls so viel zu entnehmen, daß, selbst für den Fall, daß es glücken sollte, Farben an diesen ersten Spiegelbildern zur Erscheinung zu bringen, dieselben, mindestens in der Leichtigkeit der Entstehung, mit den Farben der Projectionen des aus dem Prisma tretenden Lichts nicht auf ganz gleiche Stufe gestellt werden könnten.

Ich besaß nun durch die entdeckte Selbstzeichnenmethode des Prismas ein sicheres Auskunftsmittel, um mir über die bei demselben entstehenden Spiegelungen Gewißheit zu verschaffen, welche mich wegen des vermutheten Zusammenhanges mit den Farbenerscheinungen besonders interessirten. Ich überzeugte mich nunmehr davon, daß bei keiner Form des Prismas, man mag es stellen, wie man will, die secundären Spiegelbilder fehlen, und dies bestärkte mich Anfangs in der früheren Vermuthung von

dem Zusammenhang der Farben mit der Spiegelung, indem ich glaubte, daß die prismatischen Farben durch Gegenströmung der Wellen des durch das Prisma tretenden Lichts mit den Lichtwellen der secundären Spiegelbilder entständen.

Eine nähere Untersuchung führte mich aber zu der Ueberzeugung, daß diese Annahme eine irrige war, worauf die folgenden Wahrnehmungen von Einfluß waren. Wenn zugleich von zwei Flächen des Prismas Projectionen des durchfallenden Lichts erzeugt sind, so kann man durch Verdecken der einen Fläche die Lichtwellen, welche von dieser aus die an der anderen Fläche eintretenden Lichtwellen durchkreuzen, ausschließen. Es macht sich hierbei aber nicht die mindeste Veränderung in den Farben der freibleibenden Projection bemerklich, sondern der ganze Einfluß der Abhaltung jener die anderen durchkreuzenden Lichtwellen beschränkt sich darauf, daß die Zeichnungen der betreffenden Lichtprojection unter diesen Umständen etwas an Bestimmtheit gewinnen, ein etwas weniger verschwommenes Aussehn zeigen. Dieses Verhalten spricht offenbar nicht zu Gunsten einer Abhängigkeit der Farben von der Gegenströmung der Wellen des durch das Prisma tretenden Lichts mit den Lichtwellen der secundären Spiegelbilder, da für beide Arten der Gegenströmungen ähnliche Verhältnisse obwalten. Wäre diese Gegenströmung die Ursache der prismatischen Farben, so müßte ein constantes Winkelverhältniß zwischen den Wellen des durchtretenden und des gespiegelten Lichts für den blauen und rothen Saum zu erwarten sein. Die Untersuchung bestätigt aber ein solches constantes Winkelverhältniß nicht. Auch fehlen diese Spiegelungen bei cylindrischen Körpern nicht, ohne darum die Regenbogenfarben der Prismen zu veranlassen. Endlich kann man das einfallende Licht, wenn man es auf eine kleine Stelle am Prisma beschränkt, so auffallen lassen, daß die Spiegelwellen größtentheils aus der Richtung des ersteren Lichtstroms herausfallen. Die Farben erscheinen aber trotzdem unverändert, was offenbar auch nicht zu Gunsten jener Annahme von dem Einfluß der Spiegelung auf die Entstehung der Farben spricht. Bei dem Zusammenkommen dieser Gründe schien mir daher jene Annahme nicht weiter haltbar.

Es ist also nichts mit dem Einfluß dieser Spiegelung auf die Entstehung der prismatischen Doppelbilder und ihrer Farben,

welche Dove[44]), als „das wahre Urphänomen der optischen Erscheinungen: die Interferenz," hervorhebend, für so wichtig für dieselben erklärt, und ich war daher genöthigt, anderweitig nach den Ursachen der Regenbogenfarben des Prismas nachzuforschen. Da sich ein Zusammenhang derselben mit den in den prismatischen Projectionen bemerklichen Doppelbildern unzweifelhaft erwies, so schien es mir nothwendig, zuerst über die Entstehungsweise dieser Doppelbilder in's Reine zu kommen. Bei einer näheren Betrachtung derselben wurde es mir deutlich, daß die in den Doppelbildern sich kundgebende Verschiebung des Lichtkörpers bei den ersten Spiegelbildern sich als eine unmittelbare mathematische Folge des schiefen Durchschnitts des auffallenden Lichtkegels erweist, woraus zu vermuthen war, daß die in den Projectionen des aus dem Prisma tretenden Lichts vorhandene Verschiebung auf ähnliche Weise zu Stande komme.

Dieser Zusammenhang wurde mir jedoch erst bei einer näheren Prüfung der Erscheinungen klar, und ich dachte Anfangs an die Möglichkeit anderer Einflüsse für die Entstehung der Doppelbilder, unter Anderm an den Einfluß einer Beugung des Lichts an den Prismenflächen, wie sie sich Newton gedacht hat, da ich erst später zu einer richtigen Anschauung von dem als Beugung bezeichneten Verhalten des Lichts gelangte. Beiläufig will ich hier noch erwähnen, daß man sich leicht davon überzeugen kann, daß die Stärke des Lichts für sich allein die Regenbogenfarben der prismatischen Projectionen nicht veranlaßt. Beim gleichseitigen Prisma z. B., bei welchem die secundären Spiegelbilder ohne Farben erscheinen, kann man das meiste Licht den letzteren zuwenden und es dadurch den Projectionen des durchfallenden Lichts entziehen, oder es umgekehrt einrichten. Die Farben bleiben dabei doch immer an der alten Stelle, und treten nicht zu den secundären Spiegelbildern über.

Indem ich also glaubte, daß eine Beugung des Lichts für die Entstehung der Doppelbilder in den prismatischen Projectionen von Einfluß sein könnte, war ich bemüht, durch eine Vergleichung der Winkel des in's Prisma eintretenden und aus demselben austretenden Lichts ausfindig zu machen, ob eins der Doppelbilder ein demjenigen Bilde voreilendes oder nacheilendes wäre, welches nach den Brechungsgesetzen als das directe anzu-

nehmen war. Um die Beobachtung der Winkel möglichst zu vereinfachen, hatte ich die Lampe so gestellt, daß sich die Basis der Flamme mit dem Prisma in gleicher Ebene befand, und hatte das Prisma der Flamme ganz nahe gegenüber gebracht. Es fiel mir auf, wie sehr sich hierbei, als ich das Prisma der Flamme näherte, die farbigen Säume in den Projectionen des aus dem Prisma tretenden Lichts, deren Ausdehnung scheinbar dem Abstand der in den Projectionen bemerklichen Doppelbilder entspricht, erweiterten. Ich wiederholte noch einige Male das Ab- und Zurücken des Prismas gegen die Lampe und sah dabei auch immer die Ab- und Zunahme in der Ausdehnung der Farbensäume sich wiederholen, so daß die Abhängigkeit der letzteren von dem Umfang der Flamme, je nachdem derselbe durch den Winkel des einfallenden Lichts begrenzt wurde, augenscheinlich war. Um zu einem ganz gewissen Resultate hierüber zu gelangen, verglich ich sowohl die Winkel der an den Rändern der Projectionen befindlichen Farbensäume, wie auch die Winkel der farbigen Säume an dem Schatten eines Seidenfadens, welcher an der vorderen Fläche des Prismas befestigt, in die Mitte der Projection fiel, mit den von den Einfallsstellen des Lichts gebildeten Winkeln, und zwar in verschiedenen Entfernungen von der Flamme und unter verschiedenen Stellungen des Prismas, und ich fand hierbei, daß diese Winkel — was ich die Leser wohl zu beachten bitte, da es von entscheidender Wichtigkeit ist — niemals irgend eine Spur eines verschiedenen Brechungsmaßes, sondern immer genau das gleiche Brechungsmaß zeigten, welches den allgemeinen von **Snellius** angegebenen Gesetzen der Brechung entsprach.

Der Abstand der beiden Doppelbilder und die diesem entsprechende Ausdehnung der Farbensäume erwies sich also nach den letzteren Gesetzen in genauer Abhängigkeit von dem Winkel, welchen die Einfallsstelle des Lichts mit den Rändern der Flamme bildete. Nichts ist leichter, als den Zusammenhang dieses Winkels mit der Verschiebung der Doppelbilder und der Ausdehnung der Farbensäume sich anschaulich zu machen. Sehr auffallend tritt dieser Zusammenhang schon hervor, sobald man das Prisma der Flamme nähert oder von ihr fortbewegt. Im ersteren Falle wächst — vorausgesetzt natürlich unter gleicher Stellung des Prismas — in gleichem Grade der durch den Abstand beider

Doppelbilder gebildete Winkel, in letzterem Falle verringert sich derselbe in gleichem Maße mit der Entfernung von der Flamme. Noch mehr aber fällt dieser Zusammenhang in die Augen, wenn man die Wirkung verschiedener Flammen neben einander vergleicht. Ich hielt das Prisma gegen eine Kerzenflamme, deren Breite ungefähr den vierten Theil der Breite der Lampenflamme einnahm, die ich gewöhnlich bei meinen Versuchen anwendete. Der Schatten des am Prisma befestigten Seidenfadens, ebenso wie die Abstände der Doppelbilder, zeigten dabei auch nur den vierten Theil der Breite, wie sie bei der Lampenflamme erschienen. Ich stellte zwei Lichte dicht neben einander, so daß die Breitenausdehnung beider zusammengenommen ungefähr der Breite der Lampenflamme entsprach. Der Schatten des Seidenfadens, wie die Abstände der Doppelbilder, erschienen dann auch in derselben Ausdehnung wie bei der letzteren. Die Richtung und Ausdehnung der in den prismatischen Projectionen erscheinenden Farbensäume hat daher nicht das Mindeste mit einer verschiedenen Brechung zu schaffen, sondern erweist sich einerseits abhängig von dem Umfang des leuchtenden Körpers, während andererseits natürlich auch noch die Neigung der Prismenflächen gegen das Licht von wesentlichem Einfluß auf dieselben ist.

Der Schatten des Seidenfadens verdient eine nähere Betrachtung. Er zeigt nämlich das gerade umgekehrte Bild von der gewöhnlichen Stellung des Kernschattens und der Nebenschatten. Während bei diesen die Dunkelheit von der Mitte nach den Seiten zu abnimmt, nimmt bei dem Schatten des Seidenfadens umgekehrt das Licht von der Mitte nach den Seiten zu ab. In der Mitte erscheint derselbe ziemlich weiß, nur von leichten grauen Ringen getrübt; er nimmt dann nach den Seiten zu an Helligkeit ab und schließt endlich mit zwei dunklen Wülsten an jeder Seite. Dies kommt daher, weil der Seidenfaden — ich muß bemerken, daß der von mir angewendete nicht ein einfacher Coconfaden, sondern ein zusammengedrehter Faden von gewöhnlicher Nähseide war — kein undurchsichtiger, sondern im Gegentheil ein von vielen Fenstern durchbrochener Körper ist. Er giebt hierdurch nicht nur ein gutes Hülfsmittel für die Vergleichung der Winkel des ein- und austretenden Lichtes ab, sondern stellt auch einen ziemlich treuen Barometer für die verschiedene Stärke der Licht-

wellen dar, welche gegen ihn strömen. In der weißen Mitte zeigen sich die stärksten, in der Richtung des Centrums vom leuchtenden Körper kommenden Wellen. Dann zeigt sich gegen die Seiten zu ein allmäliges Schwächerwerden derselben, bis endlich die beiden äußersten dunklen Wülste die Region der schwächsten, von den Rändern des leuchtenden Körpers kommenden Wellen anzeigen.

Man ersieht hieraus unmittelbar, daß die von einem leuchtenden Körper kommenden Lichtströme keineswegs überall gleich und die von dem Rande des leuchtenden Körpers kommenden Lichtwellen entschieden schwächer, als die aus der Mitte desselben kommenden, sind.

Daß es nicht anders sein kann, wird man um so leichter begreifen, wenn man sich vergegenwärtigt, durch welche Bestandtheile die Wirkungen eines leuchtenden Körpers veranlaßt werden. Unsere gewöhnlichen Kerzen- und Lampenflammen bestehen alle aus Wasser- und Kohlenstoff enthaltenden Gasen. Die Flamme zeigt den Uebergang dieser Stoffe zu neuen chemischen Verbindungen mit dem Sauerstoff an, indem sich aus der Verbindung des letzteren mit dem Wasserstoff Wasser, aus der Verbindung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff Kohlensäure bildet. Der Zusammentritt zweier Atome der einfacheren Stoffe zu jenen neuen Verbindungen ist es, welcher in diesem Falle die Erschütterung auf das Aethermeer ausübt, deren Wellen wir als Licht empfinden. Es wiederholt sich bei der Flamme das Beispiel der von zwei ins Wasser geworfenen Steinen ausgehenden und sich durchschneidenden Wellenringe in einem unendlich vervielfältigten Maße. Ein leuchtender Körper bewirkt ein Durcheinanderziehen unendlich vieler Wellenkreise, wie es stattfinden müßte, wenn man sich Haufen von vielen Millionen einzelner Felsblöcke ununterbrochen mit großer Gewalt ins Wasser geschleudert denkt. Die Wellen, welche nach einer entfernten Stelle als concentrische Radien aus dem Mittelpunkt eines solchen Haufens herkämen, wo die stärksten Schichten der Blöcke in gleicher Richtung wirken, müßten nothwendig stärker sein, als diejenigen Wellen, welche von einer äußeren Seite des Haufens herkämen, wo die Masse der Blöcke immer mehr abnimmt, und welche sich überdies durch jene ersteren stärkeren Wellen hindurcharbeiten müssen. Aehnlich

muß es sich bei der Flamme verhalten, denn auch sie stellt die Einsenkung festerer, zusammengedrängter Theile in ein Meer dar. Die nach einem bestimmten Punkte von den Randdurchschnitten des Flammenkörpers kommenden Lichtwellen müssen daher immer schwächer sein, als diejenigen, welche in Radienrichtung aus dem mittleren Theil der Flamme nach demselben Punkte kommen.

Es ist hieraus leicht zu ermessen, welche Ungenauigkeit es enthält, an welcher viele physikalische Handbücher bisher keinen Anstoß nahmen, wenn sie das aus der Sonne in ein Prisma fallende Licht ihren Lesern als ein paralleles Lichtbündel vorzuführen und abzuzeichnen [45]) kein Bedenken tragen. Da das Licht sich von einem leuchtenden Punkte kreisförmig nach allen Richtungen fortpflanzt, so würden die von einem leuchtenden Punkte kommenden Lichtwellen niemals parallele sein können, sondern müssen immer einen kegelförmigen Raum begrenzen. Wir nennen diese kegelförmige Fortpflanzung der Lichtwellen ja eben deßhalb Strahlen, weil sie das Gegentheil von parallelen Linien ausmachen, wie es das Bild eines Sterns so deutlich vor Augen führt. In der Wirklichkeit ist aber ein leuchtender Körper kein mathematischer Punkt, sondern besteht aus vielen leuchtenden Theilen. Es kommt daher außerdem noch die Richtung der Lichtwellen von den verschiedenen Theilen eines leuchtenden Körpers in Betracht. Es können hiernach wohl einzelne Wellenreihen des Lichts von verschiedenen leuchtenden Körpern, oder verschiedenen Theilen eines leuchtenden Körpers parallel sein, die Wellenreihen eines leuchtenden Körpers aber im Ganzen betrachtet stellen immer vorwiegend andere, als parallele Linien, dar. Sie bestehen aus zwei in einander geschobenen Kegeln, von denen der eine seine Spitze im Centrum des leuchtenden Körpers, der andere seine Spitze im Einfallspunkte des Lichts, seine Basis im Umfang des leuchtenden Körpers hat. Man kann einräumen, daß für gewisse Verhältnisse, nämlich da, wo es sich um eine bloße Massenwirkung handelt, die stark zugespitzten Kegel der aus großen Entfernungen kommenden Centralwellen eines leuchtenden Körpers, welche an Stärke die von den Rändern kommenden Wellen überwiegen, als nahezu parallel angesprochen werden können. Wo es sich aber um die Bestimmung des Ursprungs gewisser Winkel handelt, da muß man auch die Winkel der Lichtwellen und der Schatten,

welche sie veranlassen, genau so nehmen, wie sie in Wirklichkeit sind, und darf nicht einen Parallelismus annehmen, wo Kegel vorhanden sind. In dieser Beziehung ist es daher als eine starke Ungenauigkeit zu rügen, wenn physikalische Handbücher bei der Erklärung des prismatischen Spectrums ihren Lesern weis machen wollen, das von der Sonne in ein Prisma einfallende Licht sei ein paralleles Lichtbündel, während die Lichtwellen desselben in Wirklichkeit vielmehr einem doppelt in einander geschobenen Kegel, dessen Basis in dem einen Falle der Umfang der Sonne bildet, entsprechen, und daher auch keine gleichförmige Masse, sondern je nach der Richtung, in welcher man sie betrachtet, Wellen von verschiedener Stärke, darstellen.

Daß die schwächeren Randwellen des leuchtenden Körpers es nun vorzugsweise sind, welche das Material für die prismatischen Farbenerscheinungen liefern, darüber werden wir später zwar noch bestimmtere Beweise kennen lernen, zur vorläufigen Ueberführung von diesem Umstande wird aber der folgende Versuch dienen können: Man stelle ein Prisma in die Nähe einer Flamme, etwa zwei bis drei Zoll von dieser entfernt, was man bei einer mit einem Glascylinder umgebenen Flamme leicht ohne störende Folgen für den Versuch ausführen kann. Man schiebe nun einen undurchsichtigen Körper möglichst nahe an der Flamme allmälig an dieser vorbei, so daß nach und nach der eine Rand derselben verdeckt wird. Gesetzt die brechende Kante des Prismas befände sich auf der rechten Seite, und jener Körper werde von Links nach Rechts vor die Flamme geschoben, so wird sich die Wirkung jenes Körpers zunächst an dem auf der linken Seite befindlichen blauen Farbensaume bemerklich machen. Sobald man nämlich den linken Rand der Flamme verdeckt, verschwindet die beträchtliche Ausdehnung des blauen Saums und es bleibt nur ein schmaler Streifen von demselben übrig. Befindet sich der verdeckende Körper so nahe an der Flamme, daß die von dem linken Rande derselben nach dem rothen Farbensaume kommenden Wellen schon gleich bei der Verdeckung des linken Randes der Flamme abgeschnitten werden, so verengt sich gleichzeitig auch der rothe Saum um ungefähr die Hälfte. Führt man aber den verdeckenden Körper näher am Prisma und etwas entfernter von der Flamme so an dieser vorbei, daß die Wellen des linken Ran-

des der Flamme zwar für den blauen Saum, aber nicht für den rothen Saum abgeschnitten werden, so kann man durch das allmälige Weiterschieben des verdeckenden Körpers von Links nach Rechts den schmalen blauen Saum bis an den rothen heranführen, während der letztere seine ursprüngliche Breite behält, da er die Wellen noch von der vollen Breite beider Ränder der Flamme erhält, während für den blauen Saum dies nicht mehr der Fall ist. Ganz verschwinden kann man den einen Farbensaum durch die Verdeckung eines Randes der Flamme nicht machen, da jeder Farbensaum Lichtwellen aus beiden Rändern der Flamme erhält. Es erweist sich aber bei diesen Versuchen die Ausdehnung der farbigen Säume in bestimmtem Verhältniß zur Ausdehnung der Randwellenschichten, welche auf sie wirken.

Noch durch eine andere Beobachtung kann man sich von dem Einfluß der verschiedenen Stärke der Lichtwellen auf die Beschaffenheit der prismatischen Farben überzeugen, wenn man nämlich die Wirkung einer kleinen und einer großen Flamme vergleicht, von denen also die erstere, bei ihrem geringeren Umfange, mehr einem Randtheile der letztern vergleichbar ist. Bei der kleineren Flamme zeigen sich zwar, ihrem Umfange entsprechend, die Farbensäume in geringerer Breite als bei der größeren, aber die Farben erscheinen bei der ersteren nicht schwächer, sondern umgekehrt stärker als bei der letztern.

Beiläufig will ich hier noch bemerken, daß man bei den Versuchen in der Nähe der Flamme leicht zu der Wahrnehmung Gelegenheit finden wird, daß die stärksten Lichtwellen der Richtung der Flammenspitze entsprechen. Ich hielt ein Buch von größerem Umfang unmittelbar vor den Lampencylinder. Unterhalb desselben war kein merklicher Lichtzufluß wahrzunehmen. Dagegen verbreitete sich, wiewohl das Buch die Flamme beinahe um einen Fuß überragte, von obenher noch so viel Licht über den durch das Buch gebildeten Schatten, daß an dem in diesem Schatten aufgestellten Prisma noch eine Projection des aus demselben austretenden Lichts bemerklich war. Dieser Unterschied in der Lichtverbreitung einer Flamme zeigt sich schon deutlich, wenn man darauf achtet, wie dunkel der Fußboden eines Zimmers, trotz der größeren Nähe der Flamme gegen denselben in

Tischhöhe bleibt, in Vergleich zu der entfernteren und doch viel heller beleuchteten Decke des Zimmers.

Hiermit wären wir denn bei einem wichtigen Funde für unsere Untersuchungen angelangt. Es ergiebt sich nämlich aus den vorstehenden Versuchen nicht allein die Unrichtigkeit der Behauptung Newton's, daß die von verschiedenen Theilen des leuchtenden Körpers kommenden Lichtstrahlen ohne Einfluß auf die prismatischen Farben wären, sondern die Abhängigkeit, welche die Farbensäume, durchaus den allgemeinen Gesetzen der Brechung von Snellius folgend, von dem Umfang der Flamme zeigen, weist auf unzweifelhafte Weise nach, daß von der durch Newton behaupteten verschiedenartigen Brechung der Farben keine Spur vorhanden ist. Wir haben also hier in dem Nachweis dieser fälschlich behaupteten verschiedenen Brechung sammt den für dieselbe berechneten Sinus die Bestätigung für die obige Behauptung, daß es den Physikern, welche schon Unterschiede in den durch Prismen erhaltenen Spectren bei der Anwendung verschiedener Lichtquellen, aber immer mit dem verhängnißvollen kleinen Loch experimentirend, gefunden hatten, z. B. bei den Spectren von Sternen, von elektrischen Funken, von brennenden Metallen u. s. w., ich sage, daß es den Physikern, wie Newton, ergangen war, daß, weil sie sich immer nur an das kleine Loch gehalten und die Beobachtung außerhalb desselben versäumt hatten, sie vor lauter Bäumen zum Sehen des Waldes, d. h. zu dem Sehen der untrüglichen Aufschlüsse, welche die Lichtquelle über den Ursprung der prismatischen Farben darbietet, nicht gekommen waren. Wir ersuchen sie also diesen bisher versäumten einfachsten, aber entscheidenden Versuch an der freien Lichtquelle nachzuholen, die von den Farbensäumen gebildeten Winkel genau zu messen und mit den Einfallswinkeln des Lichts zu vergleichen. **Hic Rhodus, hic salta!** Hier an der Quelle der Bewegung kann man die von den Lichtwellen gebildeten Winkel jede Linie weit verfolgen, und entgeht den Täuschungen, welche das auf ein kleines Loch eingeengte Lichtfeld an und für sich veranlassen muß, um so mehr aber, in größerer Entfernung vom leuchtenden Körper, da, wie den Physikern wohlbekannt ist, die Deutlichkeit der Lichtbewegung nach den Quadraten der Entfernung abnimmt. Eine Messung der Winkel in der Nähe der Flamme wird die Physiker

auf das Bestimmteste zu überführen im Stande sein, daß der rothe Farbensaum des prismatischen Spectrums um kein Haar breit anders, als der blaue Farbensaum bricht, daß beide vielmehr genau demselben allgemeinen Gesetze der Brechung von Snellius folgen, und daß mithin die Annahme und Berechnung jener Sinus für eine angebliche verschiedene Brechung der Farben auf einem bloßen Hirngespinnst beruht. Hier hätten wir also diese falschen Sinus am Kragen gepackt, mit denen so viel Spectakel in der Physik gemacht worden ist, und die wir den Physikern rathen in dem tiefsten Schacht der Erde zu vergraben und mit einem ewigen Stillschweigen zu bedecken, denn für die Signatur derselben werden wir sogleich noch weitere, sehr vernehmliche Beweise erhalten.

Als ich beschäftigt war, an der Flamme den Einfluß der Form derselben auf die Gestaltung der prismatischen Doppelbilder und der an ihnen erscheinenden Farben zu ermitteln, führte mich die Ansicht einer scheinbar unbedeutenden Erscheinung, wiewohl dieselbe die Erinnerung an „Ursachen und Wirkungen" in sich schließt, nämlich ein Glas Wasser, zur Beachtung des Prismas zurück. Schon früher hatte ich oftmals wahrgenommen, daß, wenn man ein Glas mit einem Reste Wasser so neigt, daß das letztere einen dreieckigen Raum füllt, dessen Kante sich im Boden des Glases befindet, die Gegenstände, durch dieses Wasserprisma gesehen, farbig erscheinen. Diese Erscheinung trat mir jetzt wieder entgegen. Hier hat man also dasselbe Glas, dieselbe Menge Wasser. In cylindrischer Form giebt dieselbe keine Farben. Sowie man das Wasser aber in die prismatische Form gießt, erscheinen durch dasselbe die Farben. Das, rief ich mir zu, spricht doch deutlich genug dafür, daß die Form des Prismas von entscheidendem Einfluß für die Entstehung der Farben sein muß, diese Form ist ja gerade der Punkt, den merkwürdiger Weise der große Newton mit keiner Sylbe erörtert hat. Ich wandte mich nun zu der Untersuchung, wie sich der Austritt divergirender Lichtwellen bei der cylindrischen Form, und wie er sich bei der prismatischen Form lichtbrechender Körper verhält.

Bei der Vergleichung dieser Körperformen in Bezug auf ihr Verhalten gegen divergirende Lichtwellen fand ich einen sehr wesentlichen Unterschied derselben. Die Divergenz der Lichtwellen

muß aber bei jedem leuchtenden Körper in Betracht kommen, da auch diejenigen Lichtwellenkegel, deren Spitze gegen die lichtbrechenden Körper gewandt ist, im Verlauf durch dieselben sich wieder in divergirende Linien umgestalten oder wenigstens umgestalten können. Auf den beigefügten Tafeln ist der in dieser Beziehung zwischen den cylindrischen und prismatischen Körpern bestehende sehr wesentliche Unterschied durch mathematische Figuren näher erläutert, welche ich daher die Leser zu vergleichen bitte. Um jedoch auch ohne diese Figuren eine deutliche Anschauung von diesem Unterschiede zu gewinnen, wird man sich denselben am Besten an dem Bilde eines Fächers versinnlichen können.

Gesetzt ein aus mehreren Gliedern bestehender Fächer werde zweimal in paralleler Richtung mittendurch gebrochen. Schiebt man an der Stelle des ersten Bruchs ein Dreieck ein, so werden die Fächerglieder hinter diesem Dreieck eine andere Richtung zeigen, als die vor dem Dreieck befindlichen. Schiebt man aber an der Stelle des zweiten Bruchs ein gleiches Dreieck mit umgekehrter Lage seiner Spitze ein, so wird hierdurch die veränderte Richtung der zwischen den beiden Brüchen befindlichen Fächerglieder für die hinter dem zweiten Bruche liegenden Fächerglieder wieder ausgeglichen werden, und diese letzteren werden daher wieder ganz dieselbe Richtung, wie die vor dem ersten Bruch befindlichen Glieder, zeigen. Dies ist ein Bild davon, wie sich divergirende Lichtstrahlen bei ihrem Austritt aus einem cylindrischen lichtbrechenden Körper verhalten. Die Lichtwellen erleiden bei ihrem Eintritt in den brechenden Körper zwar eine Ablenkung, da aber diese Ablenkung beim Austritt der Lichtwellen sich wieder in die frühere Richtung umkehrt, weil der Körper von parallelen Flächen begrenzt ist, und die deßhalb gleichen Winkel des ein- und austretenden Lichts ebenfalls in parallelen Linien verlaufen, so zeigen die divergirenden Lichtströme nach ihrem Austritt aus dem cylindrischen Körper wieder ganz dieselbe Form, welche sie vor dem Eintritt in den Körper hatten. Die Wirkung der Brechung beschränkt sich in diesem Falle darauf, daß in Folge der durch dieselbe veranlaßten Ablenkung der Vereinigungspunkt der austretenden Lichtströme etwas seitwärts von dem Vereinigungspunkt der eintretenden Lichtströme gerückt erscheint. Beide

von diesen Strömen gebildeten Kegel liegen aber parallel und in gleicher Form neben einander, so daß, wenn man sie in gleicher Richtung durchschneidet, sie beide auch dieselbe Durchschnittsform zeigen.

Gesetzt aber, es würde die Aufgabe ertheilt, die Glieder eines Fächers so um die Kante eines Prismas herumzulegen, daß die Spitze einiger Fächerglieder diesseits des Prismas und rückwärts von der Kante desselben verbliebe, die breiten Enden anderer Fächerglieder aber jenseits des Prismas erscheinen und zwar, je weiter abwärts von der Kante des Prismas, desto stärker immer gegen das Prisma geneigt sein sollten, wie würde dieser verwickelten Aufgabe genügt werden können? Es würde nichts Anderes übrig bleiben, als die Spitze des Fächers auseinander zu nehmen und die Glieder desselben aufs Neue auf einer Schnur aufzureihen, welche bogenförmig von dem angewiesenen Punkte diesseits des Prismas um die Kante desselben bis zur jenseitigen Fläche herumgeschlungen wäre. Dann würde es möglich sein, die Fächerglieder an dieser bogenförmig geschlungenen Schnur in der vorgeschriebenen Weise zu ordnen. Dies giebt ein Bild von der Wirkung, welche die prismatische Form brechender Körper bei divergirenden Lichtwellen veranlaßt. Denn der Weg, welchen dieselben durch das Prisma nehmen, ist der Linie ähnlich, auf welcher man die Kante des Prismas umgehen würde.

Verbindet man die Linien der aus dem Prisma austretenden divergirenden Lichtwellen, so findet man, daß dieselben nicht mehr, wie vor ihrem Eintritt ins Prisma, in einem Punkt zusammentreffen, sondern sich in mehreren Punkten durchschneiden, welche innerhalb einer bogenförmigen, einem Kegelabschnitt entsprechenden Linie liegen. Die ursprünglich von einem Punkt ausgehenden Fächer der divergirenden Lichtströme erscheinen daher nun verschoben, als wenn sie auseinandergenommen und auf einer bogenförmigen Linie aufgereiht wären. Je kleiner und entfernter der leuchtende Körper, je kleiner der Winkel des Prismas ist, desto weniger ausgedehnt wird die Verschiebung der Fächerglieder aus dem ursprünglichen Vereinigungspunkt derselben sich darstellen. Je näher dagegen der leuchtende Körper, je stärker der Winkel des Prismas ist, desto mehr muß die Ausdehnung dieser Verschiebung zunehmen. Um diese Wirkung in auffallender

Weise hervortreten zu lassen, muß man daher nicht zu schwachwinklige Prismenformen und den Vereinigungspunkt der eintretenden divergirenden Wellen möglichst nahe am Prisma wählen. In der Wirklichkeit wird die durch das Prisma bewirkte Verschiebung der ursprünglichen Linien noch dadurch verwickelter, daß jede Stelle des Prismas mit dem Kegel divergirender Lichtwellen zugleich einen Kegel convergirender Wellen erhält, aus welchem beim Eintritt in das Prisma wiederum eine Divergenz hervorgeht, deren Wirkung auf die Verschiebung eine um so beträchtlichere sein muß, da die Spitze ihrer Kegel sich unmittelbar an der Eintrittsfläche des Lichts befindet. Es läßt sich hiernach leicht ermessen, daß man eine Herstellung der ursprünglichen Form aus dieser Verschiebung auf keine andere Weise bewirken kann, als indem man die Lichtwellen denselben Weg wieder zurücknehmen läßt, auf welchem sie eingetreten waren.

Der wesentliche Unterschied zwischen cylindrischen und prismatischen lichtbrechenden Körpern besteht also darin, daß die Lichtwellen bei den cylindrischen Körpern zwar durch die Brechung abgelenkt, bei ihrem Austritt aber wieder in die frühere Richtung zurückgeworfen werden, während bei den prismatischen Körpern dies nicht der Fall ist, sondern eine Verschiebung der Lichtströme erfolgt, weil dieselben zweimal nach derselben Seite herumgebogen und nicht, wie bei den cylindrischen Körpern, durch parallele Flächen unter gleichen Winkeln, sondern durch ein eingeschobenes Dreieck unter ungleichen Winkeln geschnitten werden. Die Folge dieser doppelten Umbeugung nach derselben Seite unter dem Durchschnitt eines Dreiecks ist, daß die Winkel der austretenden Lichtwellen beständig an Stärke zunehmen, je mehr sie sich von der brechenden Kante entfernen, weil in dieser Richtung die Abstände zwischen den die brechende Kante einschließenden Flächen sich immer vergrößern. Es sind hier die Winkel gemeint, welche die Lichtwellen mit dem auf die Eintritts- und Austrittsfläche des Lichts errichteten Loth, der sogenannten Normalen, bilden, durch welche das Maß, der Sinus, der Brechungswinkel bestimmt wird. Beim Glase ist der Winkel des eingetretenen Lichts, der sogenannte Brechungswinkel, bekanntlich ungefähr $^2/_3$ von dem vor dem Eintritt ins Glas vorhandenen Winkel, während umgekehrt

der Winkel des aus dem Glase austretenden Lichts 3/2 von dem im Glase vorhandenen Winkel desselben ausmacht.

Da nun die Fächer des aus dem Prisma tretenden divergirenden Lichts, je entfernter ihr Austritt von der brechenden Kante des Prismas stattfindet, in Folge der beständig sich vergrößernden Winkel, der Austrittsfläche des Prismas auch immer stärker zugeneigt werden, dergestalt, daß wenn diese Winkel eine gewisse Stärke erreicht haben, die betreffenden Lichtströme nicht mehr vollständig aus dem Prisma austreten können, sondern ganz oder theilweise in dieses zurückfallen, so müssen, in Folge der in der Entfernung von der brechenden Kante immer zunehmenden Abwärtsneigung, die Fächer des austretenden Lichts in dieser Richtung auch verhältnißmäßig viel mehr ausgeweitet erscheinen, als die in der Nähe der brechenden Kante austretenden Lichtfächer. Nun gehört den mehr von der brechenden Kante entfernten, stärker ausgeweiteten Fächern der blaue und violette Farbensaum, den weniger ausgeweiteten Fächern in der Nähe der brechenden Kante der gelbe und rothe Farbensaum an. Da aber die Form dieser verschieden geneigten und ausgeweiteten Farbensäume mit mathematischer Nothwendigkeit nach demselben allgemeinen Brechungsgesetz von Snellius erfolgt, Newton hingegen die nach dem Violetten zu zunehmende Ausweitung der Farbensäume als den Beweis einer verschiedenen Brechungsweise der Farben ansah, und dieser Auffassung nach die Sinus für die verschiedene Brechung der Farben berechnete, so unterliegt es keinem Zweifel, daß Newton das mathematische Versehen begegnet war, die aus demselben Snellius'schen Gesetze mit Nothwendigkeit hervorgehenden Winkel der prismatischen Projectionen mit den Winkeln einer verschiedenen Brechung zu verwechseln. Wenn es auch merkwürdig genug ist, daß dem großen Mathematiker ein so bedenkliches mathematisches Versehen begegnen konnte, so ist es doch noch viel merkwürdiger, daß den Gelehrten der Mathematik zwei Jahrhunderte lang dieses Versehen, so offenkundig es vorliegt, nicht aufgefallen ist, und daß sie die auf dasselbe gestützte Newton'sche Farbenlehre als ein Ideal der genauesten Mathematik bewundert und gepriesen haben. Es war Newton bei seiner Erklärung der prismatischen Farben das Unglück widerfahren, daß er gerade die Hauptsache, die Kante des Prismas

mit ihren mathematischen Consequenzen, gänzlich übersah. In Folge dieser wunderbaren Vernachlässigung suchte er die Ursachen der prismatischen Farben, welche in der Form des Prismas lagen, nur außerhalb desselben, in geheimnißvollen Kräften des Lichts, und ließ sich, getäuscht durch die Form der prismatischen Projectionen, deren mathematische Ursachen er zu zergliedern unterlassen hatte, dazu verleiten, statt dieser eine abenteuerliche „Anatomie des Lichts", wie Herr de Fontenelle es bezeichnet, zu erfinden, welche er mit den Sinus einer garnicht vorhandenen verschiedenen Brechung ausstattete, die er an Stelle der nüchternen Mathematik in die Welt einschwärzte. Aber freilich hätte Niemand ahnen können, daß diese aus einem ganz gehörigen mathematischen Schnitzer hervorgegangenen Sinus der Phantasie zwei Jahrhunderte lang bei den Koryphäen der Wissenschaft Furore machen würden.

Die Doppelbilder der Projectionen des aus dem Prisma tretenden Lichts sind mithin ebenso eine unmittelbare mathematische Folge von der Brechungsweise prismatischer Körper, wie die Doppelbilder der ersten Spiegelprojectionen am Prisma sich als die unmittelbare mathematische Folge eines schiefen Durchschnitts des einfallenden Lichtkegels erwiesen. Daß alle bogenförmig begrenzten Körper zu einer ähnlichen Verschiebung der durchtretenden divergirenden Lichtwellen, wie bei den Prismen, Anlaß geben müssen, ist leicht einzusehn, da solche Körper, je nach der Stärke ihrer Bogenkrümmung, Prismen mit schwächeren oder stärkeren Winkeln vergleichbar sind. Wiewohl die Verschiebung der Theile eines vollen Lichtkörpers, welche nach mehreren Richtungen stattfindet, durch die Linien einer ebenen Figur nicht erschöpfend wiederzugeben ist, so kann doch durch eine solche die Hauptsache ausgedrückt werden, welche bei der Wirkung prismatischer Körper auf divergirende Lichtwellen immer darin besteht, daß die vor ihrem Eintritt ins Prisma in einen Punkt zusammenfallenden Theile des Lichtkörpers nach dem Austritt aus dem Prisma dieses Zusammenfallen nicht mehr zeigen. Die hierdurch bewirkte Verschiebung des Lichtkörpers kann unter Umständen sich auf ein Minimum reduciren, aber sie kann nie ganz fehlen. Dieß ist ein für die prismatischen Farbenerscheinungen wichtiger Umstand, daß die Projectionen des aus dem Prisma tretenden

Lichts nicht nur verschoben sein können, sondern vielmehr nicht anders als verschoben sein können. Aus dieser Verschiebung ergiebt sich die weitere Folge, daß ungleichartige Theile des Lichtkörpers über- und durcheinanderfallen, sich vermischen.

Eine Wiedervereinigung der durch diese Verschiebung auseinandergeworfenen Theile des Lichtkörpers, kann, wie erwähnt wurde, nur dadurch zu Stande kommen, daß die Bedingungen, welche die Verschiebung veranlassen, sich umkehren. Bei den Spiegelbildern findet eine derartige Umkehr der divergirenden Kegel zur Form der convergirenden Kegel statt, auf welche die Wirkung des Prismas eine umgekehrte, wie die auf die erstere ist. Deßhalb erhält man bei gleicher Beleuchtung farblose Bilder mittelst der Prismen nur durch Spiegelung. Die secundären Spiegelbilder können aber farblose und farbige sein, je nachdem die Austrittsstelle derselben aus dem Prisma ein Gleichmaß für die Umkehr oder Annäherung zur Form der convergirenden Kegel ermöglicht, oder nicht. Von allen Formen der Prismen giebt das gleichseitige die farblosen secundären Spiegelbilder in größter Zahl, wozu durch das Gleichmaß seiner Begrenzung günstige Bedingungen geliefert werden. Newton's Experiment, durch welches er die Zusammensetzung des farblosen Lichts aus den sieben Farbenlichtern erwiesen zu sehen glaubte, indem er das prismatische Spectrum, durch ein zweites Prisma betrachtet, farblos erblickte,[46]) beweist daher nichts für seine Behauptung, sondern nur, daß sich bei umgekehrten Bedingungen der Erfolg auch umkehrt, daß convergirende Kegel die entgegengesetzte Wirkung bei der prismatischen Brechung zeigen, als divergirende Kegel.

Die Projectionen des das Prisma durchströmenden Lichts würden aber, nebst den secundären Spiegelbildern, ebenso farblos bleiben, wie die ersten Spiegelbilder der Prismen, bei denen, wiewohl sie ebenfalls eine beträchtliche Verschiebung des Lichtkörpers darbieten können, die Farben nicht erscheinen, wenn nicht noch zu der Verschiebung eine weitere Wirkung der prismatischen Brechung hinzuträte. Bevor ich zur Erörterung der letzteren Wirkung schreite, ist es indessen nothwendig, die Theile der das Prisma durchströmenden Lichtwellen, durch welche die Bildung der prismatischen Farben veranlaßt wird, bestimmter kennen zu lernen. Denn es ist von Wichtigkeit, daß sich der Nachweis über

die Betheiligung verschiedener Arten der durchs Prisma tretenden Lichtwellen an der Farbenbildung mit Bestimmtheit geben läßt.

Wenn man einen kleinen Körper in die Nähe der Flamme stellt und dann, nachdem man die Schatten desselben genau beobachtet hat, ein Prisma so vor diesem kleinen Körper aufstellt, daß der letztere innerhalb des aus dem Prisma tretenden Lichtfeldes sich befindet, so wird man bemerken, daß in diesem weißen Lichtfelde, die äußern Begrenzungen desselben ausgenommen, nur an den Nebenschatten jenes kleinen Körpers die Farben auftreten. Es sind, die Verrückung abgerechnet, dieselben Schatten wie zuvor, ehe das Prisma vor den Körper gestellt war, aber sie sind nun farbig geworden. Die Nebenschatten, deren Lichtgrenze der brechenden Kante des Prismas zugewandt ist, erscheinen blau, die Nebenschatten, deren Lichtgrenze von der brechenden Kante abgewandt ist, roth. Zwischen ihnen liegt der farblose Kernschatten. Alles Uebrige in dem Lichtfelde des Prismas ist, bis auf die äußern schattigen Grenzen desselben, welche ebenfalls in derselben Ordnung gefärbt sind, weiß, farblos. Nimmt man den kleinen Körper fort, so verschwinden auch mit den Schatten desselben zugleich die Farben an dieser Stelle. Stellt man umgekehrt mehrere kleine Körper in das Lichtfeld des Prismas, so wiederholen sich nicht nur an den Schatten jedes von diesen die Farben in gleicher Ordnung, sondern die Ausdehnung der letztern zeigt sich auch genau der verschiedenen Form der Schatten entsprechend. Der letztere Versuch thut das Gebundensein der prismatischen Farben an die Nebenschatten auf das Anschaulichste und Schlagendste dar. Ich empfehle ihn deßhalb hauptsächlich den Physikern. Sie mögen verschieden gestaltete kleine Körper, z. B. eine kleine Kugel, einen kleinen Kegel und einen kleinen Cylinder, neben einander in der Nähe der Flamme aufstellen, die Schatten dieser Körper genau beobachten und dann ein Prisma vor denselben aufstellen. Sie werden dann wahrnehmen, daß die im Lichtfelde des Prismas erscheinenden Farben ganz verschiedene Formen, den Nebenschatten jener kleiner Körper genau entsprechend, zeigen, und dieser Anblick wird sie mit einem Schlage von der Phantasie der nach verschiedenen Brechungssinus sich ausbreitenden Farbenlichter zu heilen im Stande sein. Die Form der Nebenschatten also erweist sich als das die Ausdehnung der Farben

Bedingende, und nicht die geträumte freiwillige Aufmarschirung der Farben unter verschiedenen Brechungswinkeln. Die Form der Schatten aber ist wiederum abhängig theils von der Gestalt der dem Licht entgegenstehenden Schranke, welche den Schatten bewirkt, theils von der Gestalt und Beschaffenheit des leuchtenden Körpers, theils von der Stärke und Stellung des angewandten Prismas.

Es liefern also die Nebenschatten und zwar, wie sich mit Bestimmtheit nachweisen läßt, sie allein, den einen Factor zur Bildung der prismatischen Farben, und es giebt demnach ohne Schatten keine prismatische Farben, eine Wahrheit, welche übrigens schon in der Castel'schen Abhandlung enthalten ist, wo mit Bestimmtheit das Gebundensein der prismatischen Farben an das schwächere Licht der Schatten hervorgehoben ist. Die Farben können aber, bei einem genügend starken Lichte, niemals fehlen, weil der Schatten niemals fehlen kann. Wenn dieser nämlich nicht durch irgend eine andere Schranke des Lichts, wie z. B. eine enge Spalte oder ein kleines Lichtloch, einen vorgeschobenen Körper und dgl., herbeigeführt wird, so sind diese Schranken, und mit ihnen der erforderliche Schatten, in den Kanten und Flächen des Prismas, welche den durchtretenden Lichtstrom begrenzen, gegeben. Daher erscheint unter den letzteren Umständen, wenn keine andere Schranke fürs Licht vorhanden ist, die Mitte des aus dem Prisma tretenden Lichtfeldes weiß, und nur die beiden schattigen Ränder desselben zeigen in diesem Falle die Farbensäume.

Ich deutete eben darauf hin, daß zum Erscheinen der prismatischen Farben auch noch ein genügend starkes Licht erfordert werde. Dieses bildet den zweiten Factor für die Farbenerscheinung. Es gehört zu derselben noch die Mitwirkung eines Lichts, welches kräftig genug ist, um einen starken Gegensatz zu jenen schwachen Lichtwellen der Nebenschatten herzustellen. Man kann es zu den lehrreichsten Aufschlüssen, welche über die prismatische Farbenerscheinung zu erlangen sind, zählen, daß sich die Abhängigkeit derselben von diesen beiden Factoren auf das Unzweideutigste nachweisen läßt.

Wenn man das aus der Lampenflamme zu dem vorigen Versuch in das Prisma eintretende Licht durch ein vor den Lampencylinder gehaltenes Blatt weißen Papiers dämpft, so erscheint

das aus dem Prisma tretende Lichtfeld mit den Schatten der kleinen Körper nunmehr völlig farblos, ebenso, als wenn gar kein Prisma vor demselben stände. Die Farben sind also unter der Schwächung des eintretenden Lichts verschwunden. Höchst lehrreich ist derselbe Versuch auf subjectivem Wege angestellt. Sieht man des Abends durch ein Prisma auf die dunkle Straße, so gewahrt man dieselben Häuser, welche während der Tagesbeleuchtung unter Regenbogenfarben erschienen, völlig farblos, wie sie durch ein gewöhnliches cylindrisches Glas erblickt werden. Die Regenbogenfarben sind unter dem Mangel eines kräftigen Lichts erloschen. Nur die Straßenlaternen, ein an den Häusern erleuchtetes Fenster, ein Wiederschein der Laternen an den Fensterscheiben, oder ähnliche heller beleuchtete Punkte treten aus der übrigen farblosen Dunkelheit in den Regenbogenfarben hervor, als sprechender Beweis, daß ein kräftiges Licht zu der Erzeugung der Farben mitwirken muß. Im Zimmer kann man dieselbe Beobachtung machen, wenn der eine Theil desselben nur schwach beleuchtet ist. Betrachtet man die Gegenstände gegen diesen schwach beleuchteten Raum durchs Prisma, so überrascht jetzt das völlige Verschwinden der Farben aus dem Prisma eben so sehr, wie dieselben bei der Tagesbeleuchtung oder einem helleren Licht als unzertrennliche Begleiter des Prismas auffallen. Nur wo ein Spiegelschein der Lampe an einem Gegenstande in dem dunkleren Theile des Zimmers hervortritt, da hebt sich eine farbige Insel aus dem farblosen Meere hervor. Wendet man sich dagegen nach dem von der Lampe stärker erhellten Theil des Zimmers um, so sind mit der Wiederkehr des stärkeren Lichts auch sogleich die farbigen Säume wieder erstanden. Eben so lehrreich sind die subjectiven Versuche zur Vergewisserung über die Abhängigkeit der prismatischen Farben von den Schatten. Sieht man z. B. einen gleichmäßig beleuchteten Bogen weißen Papiers durch ein Prisma an, so bemerkt man auf der ganzen Fläche desselben nicht die Spur einer Farbe, ganz allein an den schattigen Rändern des Bogens zeigen sich die farbigen Säume. Ebenso verhält es sich mit allen durch das Prisma gesehenen Gegenständen. Die Farbensäume treten niemals an einer anderen Stelle auf, als an welcher sich ein Schatten befindet. Wir haben hier den Grund für die Richtigkeit der Aussage Göthes,

daß die prismatischen Farbensäume nur an den Grenzen des Lichts auftreten. Es möchten für keine Beziehungen der prismatischen Farbenerscheinungen bestimmtere und sprechendere Beweise aufzufinden sein, als die, welche für die Abhängigkeit derselben von den genannten zwei Factoren, den schwächeren Lichtwellen der Nebenschatten und dem zu einem Gegensatz geeigneten kräftigeren Licht, vorliegen.

Wie würden die Newtonianer wohl diesen Zwiespalt der Natur erklären, daß in der einen Hälfte des Zimmers die Elfenkinder reglementsmäßig nach den vorgeschriebenen Sinus aufmarschiren und in der anderen Hälfte des Zimmers plötzlich die Lust zum Versehen des Dienstes verloren haben? Denn von der Schlauheit der Newtonianer und der Legion von Finten und Flausen, mit welchen sie die Streckbettung der Natur nach ihrer Schablone zu erzwingen und die ihnen gutmüthig Zuhörenden zu übertölpeln hoffen, würde es schwierig sein den Lesern ein erschöpfendes Bild zu geben. So sollen z. B. bei der Brechung cylindrischer Körper die homogenen Farben deshalb wieder weißes Licht ergeben, weil nach der Brechung die verschieden gebrochenen homogenen Lichter sich wieder parallel an einander lagern.[47]) Darin sollte also die großartige Weisheit der Natur bestehen, daß sie die Farben geschaffen hätte, hauptsächlich um sie zu verbergen! Zum Glück können wir hier die Finte leicht aufdecken. Bei den ersten Spiegelbildern der Prismen, welche gleichfalls die Verschiebung zeigen, bleiben die Lichtströme nicht parallel und doch erscheint hier das Licht weiß und nicht die homogenen Farben. Da die homogenen Lichter bekanntlich nach demselben Maße verschieden reflexibel, wie refrangibel sein sollen, so würde es allein bei dem in Betreff der Farben verschiedenen Verhalten der ersten Spiegelbilder und der Projectionen des austretenden Lichts beim Prisma mit der Weisheit derer schon zu Ende sein, die mit ihren Naturstudien des Spectrums über das Dogma jener eigenthümlichen Winkelsinus noch nicht hinausgekommen sind.

Ein Gegensatz also ist es, von dem sich die prismatische Farbenerscheinung abhängig erweist, die Wechselwirkung eines stärkeren Lichts mit den schwächeren Lichtwellen der Nebenschatten. Um diese Wechselwirkung zu ermöglichen, muß zu einem Uebereinandertreten, einer Mischung dieser beiden Lichtwellenschichten

Gelegenheit gegeben sein, welche durch die mittelst der Prismen bewirkte Verschiebung des Lichtkörpers herbeigeführt wird. Die Folge dieser von Göthe als einen wesentlichen Umstand für die Bildung der prismatischen Farben hervorgehobenen Verschiebung hat schon Hegel mit größerer Bestimmtheit dahin bezeichnet: „daß beim Prisma das Helle über das Dunkle, oder umgekehrt, hergezogen wird, so daß das Helle eben so noch als Helles selbstständig durchwirkt, als es getrübt an seiner Stelle bleibt und zugleich verrückt wird.“ [48]) Hierin beruht allerdings der wesentliche Einfluß dieser Verschiebung. Die ungleichartigen Theile des Lichtkörpers werden dadurch zusammengeworfen, es erscheinen in derselben Richtung, wo die schwächeren Wellen der Nebenschatten, zugleich auch Wellen des stärkeren Lichts von andern Stellen des Lichtkörpers her, so daß diese verschiedenen Lichtwellen gegen einander strömen, sich vermischen.

Die Beschaffenheit der Nebenschatten erfordert jedoch noch eine nähere Betrachtung. Wenn man die Schatten eines in der Nähe der Flamme aufgestellten Körpers einer genauen Beobachtung unterwirft, so wird man finden, daß bei denselben vier verschiedene Theile sich mit Bestimmtheit abscheiden. Hinter dem Schatten gebenden Körper liegt in der Mitte der dunkle Kernschatten, welcher dem Raume entspricht, welcher von keinem Theile der Flamme Licht erhält. Neben ihm liegen auf jeder Seite zwei verschieden dunkle Nebenschatten, der dunklere zunächst am Kernschatten, der hellere von diesem entfernter. Neben dem helleren Nebenschatten, an seiner Grenze gegen den schattenfreien Raum, macht sich eine Schicht hellen, weißen Lichts bemerklich, welche sich durch ihre größere Helligkeit sehr deutlich und bestimmt von den übrigen schattenfreien Umgebungen hervorhebt. Diese durch Helligkeit ausgezeichnete Schicht bietet eine beachtenswerthe Erscheinung dar. Sie entspricht denjenigen Wellen, welche in Folge des dem Licht durch den undurchsichtigen Körper in den Weg gestellten Dammes, an der Grenze desselben vorbeiströmend, zusammengedrängt verlaufen, sich in größerem Drang befinden. Da der letztere Umstand, wie wir bald sehen werden, auch bei den prismatischen Farbenerscheinungen in Betracht kommt, so ist es von Wichtigkeit, daß diese Erscheinung des Wellendranges bei

den Beobachtungen in der Nähe des leuchtenden Körpers mit größter Anschaulichkeit den Augen unmittelbar vorliegt.

Von den beiden Nebenschatten entspricht der dunklere dem Raume, welchem nur Randwellen der Flamme zukommen, der hellere dem Raume, welcher zugleich einen Theil der stärkeren Wellen von der Flamme erhält. Bei der zu meinen Versuchen angewandten cylindrischen Lampenflamme fand ich die Ausdehnung des dunkleren Nebenschattens ungefähr dem sechsten Theile des durch den Mittelpunkt des leuchtenden Körpers quer durchgelegten Durchmessers entsprechend, worüber ich die auf den Tafeln gegebene Abbildung zu vergleichen bitte. Es ist leicht zu begreifen, daß die Gestalt und Beschaffenheit des leuchtenden Körpers für das gegenseitige Verhältniß der beiden Nebenschatten manche Verschiedenheiten bedingen kann.

Aus dem Zusammenhang der prismatischen Farben mit den Nebenschatten erklärt sich zunächst die Form des Spectrums. Es wird aus diesem Zusammenhang die Unmöglichkeit einleuchten, daß die Farben desselben, wie Newton behauptete, eine ununterbrochene Scala bilden können, da sie immer nur an den schattigen Grenzen des Lichtkörpers gegen die dazwischen liegende schattenfreie, helle, weiße Mitte als eine doppelte, in entgegengesetzter Richtung von dieser weißen Mitte aus geordnete Scala hervorzutreten vermögen und daher nur den Schein einer stetigen Reihenfolge, durch den sich Newton hat täuschen lassen, dadurch gewähren, wenn die Schatten beider Seiten über die weiße Mitte sich nähern, an- und übereinandertreten. Es erklärt sich ferner hieraus die Zahl der auftretenden Farben, da diese mit der Zahl der Nebenschatten übereinstimmt. In unmittelbarer Nähe des Prismas, wo die Ausdehnung der durch dasselbe bewirkten Verschiebung noch wenig merklich ist, erscheint der Farbensaum jeder Seite nur in einer Farbe, als ein gelbliches Roth und als Blau. Die Abstände sind noch nicht groß genug für die Gliederung besonderer Farben. Es zeigt sich dann nur eine Schattirung von Hell und Dunkel, indem der an die weiße Mitte grenzende hellere Nebenschatten eine hellere, der an den Kernschatten grenzende dunklere Nebenschatten eine dunklere Schattirung derselben Farbe zeigt. So wie aber mit der Fortrückung der Lichtprojection in die Ferne die Ausdehnung der Verschiebung wächst und sowohl

die Schichten des stärkeren Lichts wie die der Nebenschatten sich erweitern, so tritt unter dieser Zunahme eine Scheidung in bestimmte Farben ein. Es erscheint dann an der Seite der brechenden Kante der helle Nebenschatten gelb, der dunkle Nebenschatten roth, an der entgegengesetzten Seite der helle Nebenschatten blau, der dunkle Nebenschatten dunkelblau, welcher aber, indem er vermöge seiner stärkeren Ausweitung in die Region des Rothen hinüberragt, die Mischfarbe des Violetten annimmt.

Man muß sich diese den Lichtkörper durchsetzenden Farbenregionen wie einen Ring denken, der aufgeschnitten und mit dem einen Ende schief verschoben ist. Der rothe Saum entspricht dem am Wenigsten verschobenen Ende dieses Ringes; deßhalb wird an ihm eine Mischung mit dem blauen Saum nicht sichtbar. Der blaue Saum dagegen ist das am Stärksten verschobene Ende des Ringes. Er ragt daher, wenn er durch die Entfernung der Projection in seiner größten Breite entfaltet wird, in die Region der rothen Farbe hinein, und deßhalb wird dann an ihm die Mischfarbe des Violetten sichtbar.

Es entstehen auf diese Weise vier Farben, welche den vier Nebenschatten beider Seiten zusammengenommen entsprechen. Orange und Grün entstehen nur dann, wenn die Verschiebung durch die Entfernung der Lichtprojection sich so erweitert, daß der gelbe Nebenschatten theilweise über den rothen Nebenschatten derselben und den hellblauen Nebenschatten der andern Seite greift. In derselben Weise entsteht durch theilweises Uebereinandergreifen des helleren und dunkleren Nebenschattens der andern Seite zwischen dem Hellblau und Violet Dunkelblau. Auf diese Weise kann man, wenn man die dunklere Schattirung des Letztern als besondere Farbe zählen will, sieben Farben in dem Spectrum prismatischer Körper unterscheiden. Da indessen eine nur dunklere Schattirung noch keine besondere Farbengattung ausmacht, so sind im prismatischen Spectrum nur sechs verschiedene Farbengattungen enthalten.

Diese Farben stehen sich paarweise als drei Reihen der sogenannten complementären oder Ergänzungsfarben gegenüber, d. h. solcher Farben, durch deren Zusammenwirken der Eindruck des weißen Lichts sich als ursprüngliche Einheit wieder ergänzt. Diese drei Reihen haben im prismatischen Spectrum eine solche

Stellung, daß die complementären Mischfarben nicht nothwendig vorhanden sein müssen, sondern entweder durch eine mangelhafte Sonderung der Farben oder durch ein größeres Maß der Verschiebung zur Darstellung kommen. So erscheint das dem Roth complementäre Grün erst beim Uebergreifen des gelben über den blauen Saum, das dem Blau complementäre Orange beim Uebergreifen des rothen über den gelben Schatten, das dem Gelben complementäre Violet, wenn durch eine größere Ausdehnung des blauen Saums zum Uebergreifen in die Region des Rothen Gelegenheit gegeben ist. Dagegen erscheint in der Nähe des Prismas, wo für die Farbenentwicklung noch keine große Breite vorhanden ist, der rothe Saum als ein gelblich-rother, eine Art von Orange, als eine Mischung des noch nicht genügend getrennten Gelb und Roth.

Der im Eingange dieses Abschnitts angeführte Versuch, nach welchem ich, wegen des erst in einiger Entfernung vom Prisma eintretenden Farbigwerdens einer unter dem Prisma liegenden Schrift den Einfluß einer Spiegelung vermuthet hatte, findet hiernach seine richtige Erklärung dadurch, daß in der Nähe des Prismas der Raum für die Aufeinanderwirkung der ungleichartigen, durch die Verschiebung zusammenfallenden Theile des Lichtkörpers ein noch zu beschränkter ist. Dieselben Bedingungen sind auch schon unmittelbar beim Austritt des Lichts aus dem Prisma vorhanden, aber die Dimensionen sind noch zu klein, um die Farben sichtbar werden zu lassen, die vielleicht in diesem Falle mit einem starken Vergrößerungsglase schon zu entdecken sein würden. Göthe hat bereits diese richtige Erklärung von dem Nichterscheinen oder der Unmerklichkeit der Farben in der unmittelbaren Nähe des Prismas gegeben.[49])

Beachtenswerth ist es noch, daß sich die Vertheilung der Farben auf beide Seiten des Spectrums nicht als eine gleichmäßige erweist, sondern daß die Herstellung verschiedener Farben auf der Seite des Gelben, dessen Farbenreihe als die hellere angesprochen wird, eine beträchtlich überwiegende ist. Schließt man nämlich das beiden Seiten gemeinschaftlich zugehörende Grün aus und ebenso das Violet, das, wegen seines Antheils an Roth, gleichfalls beiden Seiten angehört, so bleibt für die Seite des Blau nur diese eine Farbe übrig. Der blaue Saum bringt es

nur noch zu einer Schattirung derselben Farbe, während die Seite des gelben Saums drei verschiedene Farben: Gelb, Orange, Roth, zur Darstellung bringt. Der blaue Saum bleibt also, auch im Zustande der größten Ausdehnung, auf der Stufe des rothen Saums, in den kleinsten Dimensionen desselben stehen, welche er in unmittelbarer Nähe am Prisma zeigt, wo er auch nur eine Schattirung derselben Farbe darbietet. Dies erklärt sich daraus, daß, wie wir später sehen werden, die wirkenden Kräfte des Lichts für den blauen Saum weniger stark sind, als für den rothen. Beim letzteren ist daher viel Raum für besondere Farben gegeben, bei den ersteren nur wenig.

Man könnte hiernach die prismatischen Körper als Farbenleiern bezeichnen. Sie spielen zwischen je zwei Lichtgrenzen immer wieder denselben Reigen ab, zu welchem die vier Nebenschatten die drei Grundtöne: Gelb, Roth, Blau, liefern, da der vierte Schatten nur eine tiefere Octave des gleichen Tons anzugeben vermag.

Es bleibt jedoch noch zu erklären übrig, weshalb der rothe Saum immer der näher an der brechenden Kante des Prismas befindliche ist, und welche Eigenschaft des Prismas überhaupt die Farben aus den verschobenen Bildern hervorzaubert. Denn da die Verschiebung und mit ihr das Uebereinanderströmen ungleichartiger Theile des Lichtkörpers ebenso, wie bei den Projectionen des aus dem Prisma tretenden Lichts, auch bei den primären Spiegelbildern der Prismen vorhanden ist, welche gleichwohl farblos bleiben, so muß zur Entstehung der Farben, außer jener Verschiebung, noch eine andere Wirkung hinzutreten, oder die Art, in welcher die Schichten des Lichtkörpers übereinander strömen, muß von entscheidendem Einfluß sein.

Es könnte hierbei zunächst an die von Antonius de Dominis gegebene Erklärung der Farbenordnung im prismatischen Spectrum gedacht werden, welcher den rothen Saum durch den der geringeren, den blauen Saum durch den der stärkeren Dicke des Glases entsprechenden Weg erklärte. Wenn man ein Stäbchen oder einen divergirenden Kegel durch die kurze Seitenfläche eines Prismas, den sogenannten Hauptschnitt desselben, legt, so wird man finden, daß es ganz unmöglich ist, es anders einzurichten, als daß der Weg an diesem Stäbchen oder Kegel stets

an der Seite der brechenden Kante der kürzere, der an der entgegengesetzten Seite der längere ist. Wenn man nun annimmt, daß das brechende Mittel ein gewisses Hinderniß für den Lichtstrom veranlaßt, so wird durch die prismatische Form allerdings ein stets sich wiederholender Gegensatz zwischen den die weiße Mitte einer prismatischen Lichtprojection eingrenzenden Nebenschatten und den auf sie wirkenden Lichtwellen herbeigeführt werden. Der rothe und blaue Saum können in dieser Beziehung mit zwei Rennpferden verglichen werden, von welchen das eine den Vortheil hat, die innere Seite einer Kreisbahn zu behaupten, während das andere den ungünstigeren Weg an der äußeren Seite dieses Kreises durchmessen muß. Es wird daher allerdings für die Schatten jeder Seite und die auf sie wirkenden Lichtwellen sich stets der Gegensatz wiederholen, daß die an der brechenden Kante näher befindlichen Lichtwellen dieser Theile einem Plus mit Plus, die auf der anderen Seite befindlichen einem Minus mit Minus gleichen. Aber man darf nicht übersehen, daß dieser Gegensatz stets nur ein relativer bleibt. Das letztere Minus mit Minus wird sogleich zu einem Plus mit Plus, sobald man es nur mit einem weiter abwärts von der brechenden Kante zunächst folgenden Nebenschatten vergleicht, der dann aus dem Range des Plus mit Plus zu einem Minus mit Minus herabsinkt. Dieser blos relative Gegensatz kann demnach zur Erklärung der Entstehung und der Ordnung der prismatischen Farben nicht ausreichend erscheinen. Es muß ein anderer Gegensatz stattfinden, welcher durchgreift, der nicht blos für zwei gegenüberstehende Schatten, sondern für alle Schatten in der Bahn eines durch das Prisma tretenden Lichtstroms gültig bleibt.

Wenn ein Strom geradlinig verläuft, so strömen seine Wellen ebenmäßig fort, ohne nach der einen Uferseite einen größeren Druck auszuüben, als nach der anderen. Wäre quer durch einen solchen Strom eine Reihe von Pfählen eingesenkt, so würden gegen beide Seiten dieser Pfähle, vorausgesetzt daß sie gleichmäßig gegen den Verlauf des Stroms gerichtet sind, die Wellen desselben mit gleicher Kraft anschlagen. Anders würde es sich aber verhalten, wenn ein oberhalb jener Pfähle in den Strom geführter Damm den Strom zu einer anderen Richtung veran=

laßte. Gesetzt ein solcher Damm befände sich an dem linken Ufer des Stroms, so würde dieser durch den Damm nach rechts gedrängt, unterhalb desselben aber, von dieser Schranke befreit, desto mehr nach links auszuweichen bestrebt sein, und die Wellen desselben würden also dort ihren Druck hauptsächlich nach der rechten Seite zu ausüben. Sie würden nunmehr die an jener Stelle unterhalb des Dammes befindlichen Pfähle nicht mehr gleichmäßig an beiden Seiten treffen, sondern mit Heftigkeit gegen die rechte Seite derselben anschlagen, während die linke nur schwach von ihnen berührt würde. Man darf also bei einem aus dem geraden Wege abgelenkten Strom nicht blos die Richtung desselben nach abwärts beachten, sondern muß auch noch die Richtung des Dranges berücksichtigen, mit welchem die Wellen nach der einen oder anderen Seite gerichtet sind.

Nun ist aber das Prisma ein solcher Damm, durch welchen der eintretende Lichtstrom zweimal von der brechenden Kante abwärts gedrängt wird. Folglich muß der Drang des aus dem Prisma tretenden Lichtstroms doppelt stark gegen die brechende Kante aufwärts gerichtet sein. Vergleichen wir die in diesem Lichtstrom befindlichen Nebenschatten mit jenen in den Strom eingesenkten Pfählen, so wird es ersichtlich sein, warum alle diese Nebenschatten in der Richtung aufwärts gegen die brechende Kante mit einem starken Drang von den Wellen des stärkeren Lichts überströmt werden, während der Drang der letzteren von der der brechenden Kante entgegengesetzten Seite abgewendet ist. Dieses Verhalten des Wellendrangs in dem aus dem Prisma austretenden Lichtstrom liegt übrigens unmittelbar der Wahrnehmung der Augen vor. Bei Versuchen in der Nähe der Flamme kann man in den prismatischen Projectionen mit größter Deutlichkeit die hellen Wülste des gedrängten Lichts unterscheiden, welche zunächst an den Nebenschatten verlaufen. Man wird dann bemerken können, wie die helle Wulst am rothen Saum sich hart an diesen hält, während die auf der anderen Seite sich vom blauen Saume dergestalt entfernt, daß sie gegen das vom Prisma entferntere Ende der Projection bisweilen beinahe bis in die Mitte der letzteren von dem schattigen Rande aus fortgerückt erscheint.

In dieser Verschiedenheit der Drangrichtung des das Prisma

durchströmenden Lichts möchte der Grund davon zu suchen sein, weshalb an der Seite der brechenden Kante immer die reichhaltigere Farbenreihe des Gelben, die der lichten Farben, erscheint, während an der entgegengesetzten Seite, wo bei der schwächeren Lichteinwirkung der schattige Untergrund merklicher bleibt, aus diesem nur noch eine Farbe zum Vorschein kommt. Man wird eine weitere Bestätigung für diese Annahme darin finden, wenn man erwägt, daß die Farben bei dem im Eingange dieses Abschnitts erwähnten Versuch von der sogenannten Beugung des Lichts, wo die Flamme, über den Rand eines am Auge gehaltenen Gegenstandes gesehen, mit farbigen Rändern erschien, dieselbe Ordnung zeigen. Auch hier erscheint der rothe Rand an der Stelle, wo der dem Licht entgegengestellte Damm den Wellendrang hinrichtet, der blaue Rand in der entgegengesetzten Richtung. Die prismatischen Farben unterscheiden sich daher durch weiter nichts von den in dem genannten Versuch erscheinenden, als daß der die verschiedene Richtung des Wellendrangs veranlassende Damm beim Prisma indirect, nämlich durch die Brechung herbeigeführt wird, während er in jenem Falle direct, unmittelbar durch den vorgehaltenen Gegenstand, gegeben war. Da also nicht die Brechung an und für sich das Wesentliche für die prismatischen Farben ausmacht, sondern vielmehr die Dämmung des Lichtstroms, welche sie veranlaßt, so wird es um so eher erklärlich sein, daß die gleiche Erscheinung der Regenbogenfarben auch noch auf manchem anderen Wege, z. B. durch die von Dove erwähnten Reflexions- und dioptrischen Gitter veranlaßt werden kann, wenn sie den Zweck erfüllen, durch ihre Richtung gegen den Lichtstrom eine ungleichmäßige Drangrichtung des letzteren zu veranlassen und, da die letztere ohne Verschiebung nicht möglich ist, damit auch zugleich zu einer Mischung der ungleichartigen Theile des Lichtkörpers Gelegenheit geben.

Daß aber auch für die übrigen Erscheinungen der Regenbogenfarben, welche die neuere Physik unter der Klasse der Interferenzfarben von den prismatischen Farben abgesondert hat, z. B. den Regenbogenfarben der Seifenblase, der Perlmutter, der angelaufenen Fensterscheiben u. s. w., ähnliche Bedingungen wie beim Prisma wirksam sind, ist nicht schwer zu ersehen. Verdunkelt man auf irgend eine Weise das auf eine Seifenblase fallende

Licht, so verschwinden die Regenbogenfarben von derselben und es werden statt dieser die Blase concentrisch umgebende schattige Ringe sichtbar. Wir wollen es dahin gestellt sein lassen, ob diese schattigen Ringe, wie die Physik annimmt, durch Interferenz entstehen, oder nicht. Kurzum sie thun dar, daß es auch bei der Seifenblase an einem Wechsel zwischen stärkeren und schwächeren Lichtwellen — denn das sind ja die Schatten und niemals ein absoluter Lichtmangel — nicht fehlt. Wenn sich nun gerade so hier, wie beim Prisma, zum Erscheinen der Regenbogenfarben ein starkes Licht nothwendig erweist, liegt dann nicht der Schluß nahe, daß auch bei der Seifenblase und ähnlichen Erscheinungen die Regenbogenfarben durch die Wechselwirkung eines starken und schwachen Lichts zu Stande kommen, wie es sich für die prismatischen Farben mit Bestimmtheit nachweisen läßt? Jedenfalls hätte die neuere Physik, bei einer genaueren Beobachtung, über die wunderbare Inconsequenz hinauskommen müssen, die wir oben kennen gelernt haben, daß sie neben ihren Farben der Interferenz noch eine besondere Klasse der Regenbogenfarben als Farben nach Newton'scher Brechung aussonderte, da die prismatischen Farben keine Ausnahme von den Bedingungen machen, welche für alle diese Regenbogenfarben im Wesentlichen als durchaus ähnliche zu Grunde zu liegen scheinen.

Sowohl aus den Erscheinungen des Prismas, als aus dem von der Beugung des Lichts erwähnten Versuche läßt sich der Schluß ziehen, daß das Nichtvorhandensein eines ebenmäßigen Verlaufs, eine ungleichmäßige Richtung des Wellendrangs, eine Diagonalrichtung des letztern gegen den Stromverlauf, bei der Mischung von stärkeren und schwächeren Licht die Entstehung der Farben begünstigt, daß die lichtere Farbenreihe des gelben Saums der Seite des stärkeren Wellendrangs, der blaue Saum dagegen der Seite des schwächeren Wellendrangs angehört, auf welcher deßhalb der Antheil der dunklen, der schwächeren Wellen mehr hervortritt. Es ergiebt sich hieraus, wie der klare Blick Göthe's, dessen Angaben über die prismatischen Farben, wenn man sie mit den hier gewonnenen Resultaten zusammenhält, sich durchweg als wahr und naturgetreu erweisen, auch selbst in der letzteren Beziehung schon das Richtige herausgefunden hatte, indem er sagte: der gelbrothe Saum sei der gegen das volle Licht gewendete,

bei welchem das Finstere dem Hellen nachfolgt, ihm nachsteht, durch das Letztere überwogen wird, der blaue Saum dagegen sei der vom Licht abgewendete, wo das Letztere dem Finstern folgt, nachsteht, durch dieses überwogen wird.

Das ist nun der nüchterne mathematische Zusammenhang dieser vielbesprochenen und viel bestrittenen prismatischen Farbenerscheinungen, zu dessen Erkenntniß die Physik längst hätte gelangen müssen, wenn die von Newton eingeführte Elfenschaar ihr nicht die Blicke umnebelt und sie von der freien Prüfung abgehalten hätte, welche, auch selbst mit den allereinfachsten Versuchen unternommen, sobald man sich nur das verhängnißvolle kleine Loch aufzugeben entschließt, die nur mythologische, aber nicht irdische Existenz jener Elfen auf das Unzweideutigste darthut. Weil dies die nüchterne mathematische Ansicht dieser Erscheinungen ist, die sich um so bestimmter feststellen läßt, da die Belege für dieselbe durchweg der unmittelbaren Anschauung vorliegen, so wird sie nicht, wie die Newton'sche Farbenlehre, eine überlange Lebensdauer von zwei Jahrhunderten besitzen, sondern ihre Richtigkeit behalten, so lange die Welt steht, ebenso gut, wie der Satz niemals eine Aenderung erleiden kann, daß die Winkel eines Dreiecks zwei Rechte ausmachen. Bis zu diesem Punkte läßt sich die Erklärung der prismatischen Farbenerscheinungen mit Bestimmtheit geben. Was darüber hinausliegt, gehört in einen Bereich, für welchen sich zwar noch einige allgemeine Anhaltspunkte aufstellen lassen, für den uns aber bis jetzt die Mittel zu einer genauen mathematischen Analyse noch abgehen.

Daß die prismatischen Farben nicht blos als eine subjective Erscheinung complementärer Farben angesehen werden können, sondern daß ihnen objective Veränderungen innerhalb der auf einander wirkenden Lichtschichten, welche sie bedingen, zu Grunde liegen, wird dadurch erwiesen, daß der rothe Saum für sich allein erscheinen kann, indem beim stärksten Maß der Verschiebung der Theil des Lichtstroms, an welchem der blaue Saum erscheinen müßte, garnicht mehr aus dem Prisma zu treten vermag, sondern in dasselbe zurückfällt. Worin aber diese objectiven Veränderungen bestehen, ist nicht so leicht zu entscheiden.

Läßt man in eine Schüssel mit Wasser aus einem über ihr angebrachten Wasserbehälter Tropfen herabfallen, so überziehen,

von dem Fallpunkt der letzteren aus, feine Wellenkreise die Wasseroberfläche in der Schüssel. Erregt man nun durch Bewegung der Schüssel starke Wellen in derselben, so verschwinden unter der Bewegung der letzteren jene feinen Wellenkreise ganz oder beinahe ganz. Bewegt man aber die Schüssel gelinder, so daß dadurch nur mäßige Wellen erregt werden, so bleiben die von den herabfallenden Tropfen ausgehenden feinen Wellenkreise in merklicher Weise auf den größeren Wellen sichtbar. Ein ähnlich verschiedenes Verhältniß muß bei der Einwirkung der stärkeren Lichtwellen auf die Nebenschattenwellen zwischen dem rothen und dem blauen Farbensaum des Prismas stattfinden. Bei dem ersteren wird das stärker andrängende Licht den Antheil der schwächeren, d. i. der dunkleren, Wellen mehr zurücktreten lassen, bei dem letztern dagegen wird der Antheil der dunkleren Wellen gegen das übrige Licht mehr in Geltung bleiben. Es bestehen hiernach wohl für die prismatischen Farbensäume ähnliche Beziehungen, wie sie das Verhalten der unter Dünsten gelb und roth erscheinenden Sonne, der in der Entfernung blau erscheinenden Berge und ähnlicher Erscheinungen, darbietet. Aber man darf nicht übersehen, daß dies eben nur Analogien sind, durch welche eine ausreichende Erklärung der Erscheinungen deßhalb noch nicht gewonnen ist, weil auch für diese Fälle es noch nicht erschöpfend erklärt ist, auf welche Weise die Farben dabei zu Stande kommen. Da die Mischung von schwächeren und stärkeren Lichtwellen nicht unter allen Umständen zu Farbenerscheinungen Veranlassung giebt, so neigt sich schon die Wahrscheinlichkeit dahin, daß eine gewisse Richtung der Wellen gegen einander, welche eine solche Mischung begleitet, zu den jene Erscheinung begünstigenden Umständen gehört. Ob aber die bloße Mischung von starkem und schwachem Licht unter diesen begünstigenden Umständen zur Bildung der Farben ausreicht, oder ob hierzu bestimmte Contouren der Wellen, welche dadurch herbeigeführt werden, mitwirken, das zu entscheiden müssen wir für jetzt dahin gestellt sein lassen, so lange es noch nicht ermittelt ist, welche Form der Wellen überhaupt als die wesentliche bei dem Licht in Betracht kommt.

Es ist aber besser, offen zu bekennen, daß uns bis jetzt noch zu einer mathematischen Entscheidung dieser Frage die Mittel ab-

gehen, als sich dem Glauben hinzugeben, daß mit dem bloßen Schlagworte: „Interferenz", für diese Erscheinungen schon Alles erklärt sei. Ich bezweifle es keineswegs, daß die neuere Physik in der Anwendung der Interferenz auf die Lichtwellen, und in der Uebertragung mancher Analogien von den Tonwellen auf dieselben, sich theilweise im Rechte befindet, aber es sind andrerseits bei der Anwendung dieser Analogien wohl manche Täuschungen mit untergelaufen. Denn allerdings zeigen manche Erscheinungen des Lichts, z. B. die an parallel mit der Achse geschliffenen Krystallplatten, die an gepreßten und gekühlten Gläsern im Polarisationsapparat auftretenden Figuren eine auffallende Aehnlichkeit mit den sogenannten Klangfiguren;[50]) wir werden jedoch später die Gründe kennen lernen, weßhalb diese Erscheinungen mehr als Beweise für eine ähnliche Beschaffenheit der Körperflächen als Hinderniß gegen eine Bewegung, als für ein übereinstimmendes Verhalten der Licht- und Schallwellen, anzusehen sind. Der Fehler, den die Physik hierbei begangen hat, besteht darin, daß sie bei der einseitigen Vorstellung stehen blieb, als ob eine Gegenwirkung zweier Lichtwellensysteme und eine dadurch herbeigeführte Ausgleichung oder Schwächung nicht anders, als nur durch die Begegnung der Wellen unter verschiedener Stellung derselben Wellenlänge, nach halben oder Viertelwellenlängen, über welche die Physik bei ihren Berechnungen nicht hinauskommt, stattfinden könnte, und daß sie überhaupt das bloße Phänomen der Interferenz als eine Erklärung der Farben betrachtet. Wenn die Begegnung der Lichtwellen unter einer halben oder Viertelwellenlänge Interferenz herbeiführen soll, so kann man fragen, was geschieht, wenn sich die Wellen unter einer Zehntel- oder Zwölftelwellenlänge begegnen? Es war aber für die Farben nicht blos eine Begegnung der Wellen unter verschiedener Stellung derselben Wellenlänge, sondern vielmehr eine Gegenwirkung verschieden starker Wellen in Betracht zu ziehen, worauf alle Erscheinungen bei den Regenbogenfarben mit Bestimmtheit hinweisen. Es kam also darauf an, zu ermitteln, in wiefern Wirkungen der Interferenz, d. h. einer aufgehobenen oder geschwächten Bewegung, direct oder indirect, d. h. durch die Mischung mit Wellen eines stärkeren Lichts, zur Bildung der Farben beitrügen, und welche Wellenproportionen aus der Gegen-

strömung verschieden starken Lichts, sei es für die eine dieser Lichtarten, sei es für das Mischungsproduct derselben, sich ergäben.

Zu einer derartigen weiteren mathematischen Analyse der Wellenwirkungen ist indessen bis jetzt die Physik noch nicht gekommen, sondern sie hält die Sache für abgemacht, wenn sie das Wort: „Interferenz", bei den Erscheinungen ausspricht, für welche eine Wechselwirkung zweier oder mehrerer Lichtwellensysteme unverkennbar vorliegt. Damit ist aber weiter nichts gesagt, als daß Lichtwellensysteme gegen einander wirken und durch die gegenseitige Störung zu ruhenden Punkten Veranlassung geben, es ist aber damit nicht im Mindesten erklärt, wie aus dieser Störung die Farben hervorgehen, ja noch nicht einmal erklärt, weßhalb die Farben in der und jener Richtung erscheinen, geschweige eine mathematische Construction der Contouren gegeben, mit welchen die Wellen dieses Conflicts, sei es einfach oder zusammengenommen, den Eindruck einer Farbe hervorbringen; denn der Weg, auf welchem die Physik die Contouren der Farbenwellen ausfindig gemacht zu haben glaubt, erweist sich, wie wir später sehen werden, als ein gänzlich verfehlter. Es paßt demnach auf das in der Farbenlehre der neueren Physik unablässig wiederholte vielbeliebte Stichwort der „Interferenz" einigermaßen der Ausspruch:

> Denn eben wo Begriffe fehlen,
> Da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein.

Und Göthe befand sich hiernach ganz im Rechte, wenn er die bisherigen Erklärungen der Physiker von der Entstehung der Farben nach der Aethertheorie nicht als ausreichend betrachtete.

Jetzt wollen wir uns denn wieder jener Stelle in der Lobrede des Herrn de Fontenelle erinnern, in welcher er von dem Muster redet, wie man die Natur fragen muß. Ja wohl, so muß man die Natur fragen, wie Newton! Weil jede Stelle des Prismas die Farbenerscheinungen hervorbringen kann, so muß man es dadurch nicht nur als erwiesen betrachten, daß die Stärke des Glases keinen Einfluß auf die Erscheinung ausübt, sondern man muß es auch als erwiesen betrachten, daß überhaupt die Form der lichtbrechenden Körper von keinem Belang für sie ist, daß ein cylindrischer Körper für sie ebenso viel gilt, als ein prismatischer. Hier gleich im Anfang, in den Vorbemerkungen,

welche Newton den eigentlichen Versuchen vorausschickt, befindet sich die ungeheure, kaum faßbare Lücke in der Beweisführung des großen Mannes, daß er nicht nur Eigenthümlichkeiten der Brechung prismatischer Körper nicht anführt, sondern überhaupt die Frage darnach, welche die erste hätte sein sollen, ganz mit Stillschweigen übergeht, denn das von ihm behauptete Unsichtbarwerden der homogenen Lichter beim parallelen Verlauf ist nichts, was die verschiedene Brechungsart cylindrischer und prismatischer Körper berührt. — Man muß für die prismatischen Versuche eine möglichst kleine Lichtöffnung wählen, durch welche die an der Lichtgrenze befindlichen Schatten einander sofort auf's Stärkste genähert werden und welche daher die günstigste Bedingung zu einer Täuschung über die Entstehung der Farben liefert, man muß ein Prisma erst hinter jene das Licht begrenzende Oeffnung und dann vor dieselbe halten, und dann aus der Gleichheit des Erfolges bei der durch diese veränderte Stellung des Prismas im Wesentlichen gar nicht veränderten Begrenzung des Lichts den kühnen Schluß ziehen, daß die Grenzen des Lichts überhaupt nichts zur Farbenerscheinung beitragen — woraus beiläufig zu entnehmen ist, wie wenig die von Dove zu Gunsten der kleinen Lichtöffnung angebrachte Rüge sich an der rechten Stelle befindet, da die Beschränkung in diesem Falle nicht eine zur besseren Erkenntniß des Ursprungs der Farben, sondern im Gegentheil eine zur Erschwerung dieser Erkenntniß dienende war. — Man muß sich nun weder um die schattigen Grenzen des Lichts, noch um die Richtung, in welcher die Strahlen vom leuchtenden Körper kommen, noch um die Gestalt des leuchtenden Körpers irgendwie kümmern, weder die Winkel, welche das aus dem leuchtenden Körper kommende Licht beschreibt, noch die Winkel, welche ein prismatischer Körper für die aus ihm austretenden Lichtströme hervorbringt, beachten, man muß, weil man Alles dieses außer Acht gelassen hat, die letzteren mit mathematischer Nothwendigkeit aus dem gleichen Brechungsmaß erfolgenden Winkel für die Winkel eines verschiedenen Brechungsmaßes halten, und muß dann, die Sinuslängen dieser vermeintlich verschiedenen Brechungswinkel schon fertig berechnet in der Tasche mitbringend, der staunenden Welt mit Pathos verkündigen: daß es mit Allem bisher über die prismatischen Farbenerscheinungen

Gelehrten nichts sei, nunmehr aber gründlich erwiesen, das weiße veränderliche Licht bestehe aus sieben verschiedenen farbigen Urstrahlen, welche schon ursprünglich und von unveränderlicher Natur im weißen Licht, aber verborgen, vorhanden, durch ihr verschiedenes Verhalten bei der Brechung und Spiegelung aus ihrer Verborgenheit hervorkommen, beim parallelen Verlauf aber wieder in die frühere Verborgenheit zur Erscheinung des weißen Lichts zurücktreten.

Und durch den bloßen Schein der Genauigkeit, der als Flittergold diesem ganz hohlen Puff umgehängt war, ließen sich die Männer der Genauigkeit berücken? Man geräth in Zweifel, ob man träumt oder wacht, wenn man sich den Gedanken vergegenwärtigen soll, daß die „Fachmänner" ein solches Uebermaß von Oberflächlichkeit, eine Lehre, in der die Unrichtigkeiten und Lücken thurmhoch gehäuft und mit Händen zu greifen sind, welche von vornherein in der Verwechselung der mathematischen Consequenzen des Prismas mit den Linien einer verschiedenen Brechung auf ein mathematisches Versehen sehr bedenklicher Art aufgebaut war, nicht nur als baare mathematische Münze in den Kauf genommen, sondern zwei Jahrhunderte lang als das Muster der Genauigkeit „verehrt, gelehrt, und verbreitet haben," daß erst Nichtmathematiker kommen müssen, um den Mathematikern die erstaunlichen Lücken dieser vermeintlichen Genauigkeit aufzudecken, und sie daran zu erinnern, was die nüchterne Anschauung dieser Erscheinungen lehrt. Es ist damit ein Maß des Glaubens bewiesen worden, wie es, um Dove's Worte zu gebrauchen, allerdings [51]) „wenigstens in der Sphäre des Naturstudiums nicht vorausgesetzt werden" sollte. In Betreff dieser bewiesenen Glaubensfähigkeit wird der Erfolg der Newton'schen Farbenlehre für ewige Zeiten als ein seltenes Beispiel dastehen, dessen Wiederholung in gleicher Merkwürdigkeit und Großartigkeit vielleicht, so lange die Welt steht, nicht wieder stattfindet. Das waren also ganz besondere Wirkungen einer, wie wir später noch deutlicher sehen werden, auch ganz besonderen Autorität! —

Ueberblicken wir schließlich nochmals die Resultate, welche sich uns in diesem Abschnitte über die prismatischen Farbenerscheinungen ergeben haben, so können wir dieselben in folgenden Sätzen zusammenfassen: 1) die Brechung des Lichts durch pris-

matische Körper zieht Folgen nach sich, welche von den die Brechung cylindrischer Körper begleitenden wesentlich abweichen. — 2) die Brechung divergirender Lichtwellen durch prismatische Körper ist unzertrennlich von einer Verschiebung der Lichtströme, welche unter gleichen Umständen beim Austritt der Lichtwellen aus cylindrischen lichtbrechenden Körpern nicht stattfindet. — 3) diese Verschiebung erfolgt bei den prismatischen Körpern nach demselben Maße der Brechung, welches durch das Gesetz von Snellius gegeben ist. — 4) Es ist daher nicht wahr, was Newton behauptet hat, daß irgend eine prismatische Farbe einer verschiedenen Brechung folgte, vielmehr ist es unzweifelhaft, daß von Newton das verschiedene Maß der Ausweitung in den prismatischen Projectionen, welches sich als eine nothwendige mathematische Folge der nach dem Snellius'schen Brechungsgesetz erfolgenden Verschiebung ergiebt, mit den Maßen einer verschiedenen Brechung verwechselt worden ist. — 5) diese Verschiebung veranlaßt bei den prismatischen Projectionen ein Uebereinanderfallen ungleichartiger Theile, der schwächer und stark bewegten Lichtwellen, von denen die ersteren den an der Grenze des Lichts befindlichen Nebenschatten angehören. — 6) diese Nebenschattenwellen liefern das Substrat der prismatischen Farben, während andererseits die Anwesenheit stärkerer Lichtwellen zur Bildung derselben nothwendig ist, indem nur durch Wechselwirkung dieser beiden Kräfte die prismatischen Farben zu Stande kommen. — 7) es ist daher ebenso unwahr, was Newton behauptete, daß die Begrenzung des Lichts ohne Einfluß auf die Farbenerscheinung wäre, wie seine Behauptung unrichtig ist, daß die in verschiedener Richtung vom leuchtenden Körper kommenden Strahlen und die Gestalt desselben ohne Einfluß auf die Farben wären; vielmehr üben die beiden letzteren Umstände sowohl auf das Maß der in den Farbensäumen sich kund gebenden Verschiebung, wie auch auf die Beschaffenheit der Farben einen merklichen Einfluß aus. — 8) ebenso unwahr ist es, was Newton behauptete, daß die prismatischen Farben eine stetige Stufenleiter darstellen; vielmehr bilden dieselben zwei aus der schattenfreien Mitte nach entgegengesetzter Richtung verlaufende Farbenreihen, die sich in Betreff ihrer Ausdehnungsform und der Zahl genau an die vier an den Lichtgrenzen befindlichen Nebenschatten anschließen. —

9) es ist daher ebenso unwahr, was Newton behauptete, daß die in den prismatischen Spectren auftreten könnenden Mischungsfarben: Orange, Grün und Violet, nothwendige Theile dieser Spectren ausmachen, vielmehr hängt das Erscheinen dieser Farben nur von der Stellung der Nebenschatten zu einander und von dem Maß der durch das Prisma bewirkten Verschiebung ab. — 10) es ist endlich unwahr, was Newton behauptete, daß die Stellung der Farben im Spectrum durch ein verschiedenes Maß ihrer Ablenkung zu erklären sei, vielmehr wird die Ordnung der beiden Farbenreihen, außer der Beschaffenheit der verschieden hellen Nebenschatten, durch die Richtung des Wellendrangs bestimmt, mit welchem das durch's Prisma tretende Licht strömt, und dessen Richtung gegen die brechende Kante wiederum eine mathematische Folge der Brechungsweise des Prismas ist. — 11) es erscheint hiernach beim Prisma in der Richtung des stärkeren Wellendranges die lichte und reichhaltigere Farbenreihe des gelbrothen Saums, in der entgegengesetzten Richtung die beschränktere Farbenbildung des blauen Saums, wie die gleiche Ordnung der Farbensäume, auch außer dem Prisma, bei einer den Lichtstrom ungleichmäßig verdrängenden Dämmung zur Erscheinung kommt. — 12) das Prisma bildet, indem es eine solche Dämmung des Lichtstroms indirect durch die Brechung herbeiführt, nur eine Abart anderer Fälle von dem Erscheinen der Regenbogenfarben, in welchem der dieselbe veranlassende Damm für den Lichtstrom direct, ohne Brechung, gegeben ist, wie es überhaupt als unzweifelhaft gelten kann, daß sämmtlichen Erscheinungen der Regenbogenfarben im Wesentlichen durchaus ähnliche Bedingungen zu Grunde liegen.

Während Göthe's Angaben über die prismatischen Farben, welche ich die Leser entweder nach seiner Farbenlehre selbst, oder nach der im zweiten Abschnitt gegebenen Uebersicht zu vergleichen bitte, hierdurch durchweg als wahr und naturgetreu ihre Bestätigung finden, erweist sich dagegen Newton's Farbenlehre — um es mit einem englischen Worte zu bezeichnen — von Anfang bis zu Ende als ein großartiger Humbug, an dem auch nicht ein wahres Wort ist.

Der Rechenfehler der Wellenlängen.

Wir gelangen jetzt zu den berühmten Wellenlängen. Wenngleich die an den Consequenzen, welche auf die Newton'sche Farbenlehre aufgebaut wurden, hervortretenden Mängel begreiflicher Weise im Grunde wieder auf dieselben Fehler hinauslaufen, welche in den Principien dieser Lehre enthalten sind, so möchten doch diese aus dem Newton'schen System entsprossenen Berechnungen der Wellenlängen der Farben aus einem doppelten Grunde eine nähere Betrachtung verdienen. Einmal, weil die neuere Physik auf dieselben ein besonders großes Gewicht legt. Diese Wellenlängen bilden gewissermaßen das Schooßkind der heutigen Physik. Kein deutscher Student kann mehr mit seinen Corpsfarben renommiren, als sie sich auf diese ihr gelungenen Berechnungen zu Gute weiß. Der zweite Grund, der eine nähere Betrachtung der letzteren nützlich erscheinen läßt, ist der, daß eine genauere Nachforschung nach den Quellen des Irrthums in der Regel schon zu einer Hindeutung auf die Richtung wird, in welcher der rechte Weg zu suchen ist. Vor allen Dingen habe ich aber die Leser am Eingange dieses Abschnitts zu bitten, sich nicht etwa durch die Millionen und Billionen, welche sie hier vorgeführt finden, einen Schreck einflößen zu lassen, da die Nachweise, welche ihnen über die Beschaffenheit dieser Zahlen vorgelegt werden sollen, mit verwickelten Berechnungen nichts zu thun haben, sondern sich in ganz einfachen, leicht verständlichen und übersichtlichen Verhältnissen bewegen.

Die neuere Physik nimmt, wie die Leser aus der im ersten Abschnitt mitgetheilten Stelle von Dove ersehen haben werden, an, daß die Empfindung der Farbenunterschiede durch verschiedene Schwingungszahlen der farbigen Wellen veranlaßt werde. Diese Schwingungszahlen der sieben Newton'schen homogenen Lichter wurden berechnet aus den für dieselben gefundenen verschiedenen Wellenlängen, welche selbst wieder aus der Annahme der nach dem Newton'schen System vermeintlich unter verschiedenen Winkeln stattfindenden Brechung der Farben berechnet worden waren. Die Empfindung der Farben sollte so in ähnlicher Weise auf Unterschiede der Schwingungszahlen zurückgeführt werden, wie bekanntlich die Empfindung der Töne auf solchen Unterschieden in den Schwingungszahlen der Schallwellen beruht.

Man glaubt durch diese Berechnungen ausgemittelt zu haben, daß die Länge der Lichtwellen für die von Newton angenommenen sieben verschiedenen farbigen Strahlen beträgt, und zwar von:

Roth	0,0000248	Zoll
Orange . . .	0,0000217	„
Gelb	0,0000201	„
Grün	0,0000184	„
Blau	0,0000168	„
Indigo . . .	0,0000156	„
Violet	0,0000145	„

wonach, da sich das Licht in einer Secunde um ungefähr 41,000 Meilen fortpflanzt [nach Versuchen von Biot bewegt sich das Licht in der Zeit, in welcher es in der Luft eine Million Meilen durchläuft, im leeren Raum 294 Meilen weiter[52])], sich ergeben Schwingungen in der Secunde[53]) für

rothes Licht	477.000000.000000
violettes Licht . . .	699.000000.000000

Dove führt Berechnungen an,[54]) nach denen für die prismatischen Farben gelten sollen als Zahl der Schwingungen in einer Secunde:

am Ende des Rothen . . .	452.000000.000000
im Rothen	474.000000.000000
im Orange . . .	528.000000.000000

im Grün	591.000000.000000
im Blau	641.000000.000000
im Indigo	724.000000.000000
im Violet	785.000000.000000

Offenbar nimmt es sich gar nicht übel aus, wenn man durch diese Ziffern erfährt, daß es dem menschlichen Geist gelungen ist, die Wellenlängen der Farben nach Millionsteln eines Zolles und die Schwingungszahlen derselben in einer Secunde nach Billionen bestimmen zu können. Um aber eine bessere Einsicht in diese sinnreiche Berechnungen zu gewinnen, ist es nothwendig, die Methoden etwas näher kennen zu lernen, nach welchen sie zur Ausführung gebracht worden sind, welche wir also zunächst zu beschreiben haben.

Die eine der Methoden, nach welchen diese Berechnungen angestellt wurden, stützt sich auf die sogenannten Newton'schen Ringe. Wenn man eine Linse von Glas auf eine Glasscheibe legt, so werden auf der ersteren Regenbogenfarben sichtbar. Läßt man darauf ein farbiges Licht oder Licht durch ein farbiges Glas fallen, so verschwinden (d. h. wenn die angewendete farbige Beleuchtung hinreichend verdunkelnd wirkt) die Regenbogenfarben, und es werden statt derselben abwechselnd dunkle und helle Ringe von der Farbe der angewendeten Beleuchtung auf der Linse bemerklich. Führt man diesen Versuch unter der Beleuchtung verschiedener Farben aus, so findet man, daß die dabei gebildeten Ringe nicht dieselbe Stelle auf der Linse einnehmen, sondern je nachdem eine dunklere Stufe in der Farbenreihe angewendet wurde, näher an einander treten, sich verengen. Man hat diese Ringe Newton zu Ehren, welcher zuerst eine Berechnung der Wellenlängen der Farben auf diese Erscheinung stützte, die Newton'schen Ringe genannt. Newton berechnete die Wellenlängen, seiner Ansicht von der verschiedenen Brechbarkeit der Farben entsprechend, in welcher er, der von ihm angenommenen Emanationstheorie gemäß, ein verschiedenes Gravitiren der Farbenstrahlen gegen die Stoffe zu erblicken glaubte, nach den Unterschieden der Halbmesser, welche die Ringe unter der Anwendung verschiedenfarbigen Lichts ergaben.

Die neuere Physik hingegen, welche die Emanationstheorie durch die Wellentheorie ersetzte, erklärte die Newton'schen Ringe

durch Interferenz der durch die Linse tretenden und der an der Glasplatte gespiegelten Lichtwellen. Sie ersetzte hiernach auch die Ergebnisse der Newton'schen Berechnungen, welche nicht für richtig gehalten wurden, durch andere, bei welchen der Unterschied der Halbmesser der Ringe, im Verein mit den verschiedenen Abstandswerthen für die letzteren zwischen der Linse und der unterliegenden Glasplatte, als Maßstab angenommen wurde. Da die durch Interferenz erklärte Abwechselung der hellen und dunklen Ringe bei ihrer Verengung und Erweiterung verschiedene Längen des Wegs anzeigen sollte, welche die durch die Linse tretenden und die gespiegelt zurückkehrenden Lichtwellen bis zum Eintritt der Interferenz durchlaufen, so glaubte man dies als die Folge einer Begegnung unter verschiedenen Wellenlängen ansehen zu müssen, und brachte auf diese Annahme hin die Berechnung der Wellenlängen in Ausführung, wodurch allerdings das Princip der Berechnung von dem durch Newton angewendeten ein ganz verschiedenes geworden war.

Die Resultate dieser Berechnungen scheinen jedoch nicht ganz befriedigt zu haben, was daraus zu schließen ist, daß man das Bedürfniß nach einer anderen Methode empfand. Vielleicht hatte an dieser mangelnden Befriedigung ein Uebelstand, den die farbige Beleuchtung veranlassen konnte, einigen Antheil. Es konnte nämlich bei der Anwendung eines gelben Glases das Unglück eintreten, daß hierbei die an der Linse sichtbaren Ringe mehr erweitert blieben, als bei der Anwendung eines rothen Glases, was sich mit der Newton'schen Annahme, derzufolge die rothe Farbe das geringste Brechungsmaß haben sollte, nicht vertrug. Genug, man kehrte von der Berechnung nach den Newton'schen Ringen wieder zu der Methode zurück, welche Newton ursprünglich zur Bestimmung der Sinus für die verschiedenen Brechungswinkel der Farben angewendet hatte, nämlich zur Berechnung nach dem Ablenkungsmaß der Farben im prismatischen Spectrum. Man hatte hierbei jedenfalls den Vortheil, die von den Farben im Spectrum gebildeten Winkel unmittelbar vor sich zu haben, und entging dabei der Fatalität, daß ein rebellisches farbiges Glas sich unberufener Weise die Freiheit nehmen konnte, einen von diesen Winkeln in Frage zu stellen. Glücklicher Weise bot sich aber auch noch ein Auskunftsmittel zur Beseitigung eines

anderen Uebelstandes dar, auf welchen Newton bei der Berechnung der Wellenlängen nach dieser Methode gestoßen zu sein scheint. Dieser hatte bekanntlich, während er an der einen Stelle seiner Optik eine bestimmte Begrenzung der prismatischen Farben in Abrede stellte, an einer anderen Stelle, bei Gelegenheit der Sinusberechnungen, sich plötzlich für eine bestimmte Begrenzung derselben entschieden. Da man die letztere bei den Messungsversuchen in der Wirklichkeit denn doch wohl nicht so ganz bestätigt fand, so war es ein willkommner Fund, daß ein Auskunftsmittel entdeckt wurde, welches zur Umgehung der Schwierigkeiten, die durch die nicht genügende Begrenzbarkeit der prismatischen Farben für die gewünschten Berechnungen veranlaßt wurden, Gelegenheit bot. Frauenhofer entdeckte nämlich, daß in dem durch eine kleine Lichtspalte erzeugten prismatischen Spectrum, wenn man es durch ein Fernrohr betrachtet, sich innerhalb der Farben desselben in gewissen Abständen dunkle Linien zeigen. Man hat die letzteren Frauenhofer zu Ehren die Frauenhofer'schen Linien genannt, auf welche wir später nochmals zurückkommen werden. Man nahm also als Grenzen für die gewünschten Berechnungen der Wellenlängen, welche von den Farben des Spectrums selbst in genügender Weise nicht dargeboten wurden, diese Linien an, und brachte die Berechnungen nach dem vermeintlichen Ablenkungsmaß der prismatischen Farben in Ausführung. Vorläufig möge nur der ominöse Zirkelgang hervorgehoben werden, der hierbei obgewaltet hat. Newton wandte sich zu der Berechnung nach den Ringen, weil ihm die Berechnung nach dem Spectrum nicht günstig erschien, der neueren Physik schien wieder die Berechnung nach den Ringen nicht günstig, und sie kehrte deshalb zu der von Newton als nicht günstig aufgegebenen Methode zurück. Es scheint hiernach an beiden Stellen keine rechte Sicherheit vorhanden gewesen zu sein.

Um ein Urtheil über die Beschaffenheit dieser Berechnungen zu gewinnen, war es zunächst nöthig, die Resultate zu prüfen, welche sich bei der Anwendung farbiger Gläser ergeben. Als ich gefunden hatte, daß die zuerst beim Sonnenlicht wahrgenommene Darstellungsweise der prismatischen Bilder sich auch beim Lampenlicht in genügender Deutlichkeit ausführen ließ, war ich sehr darauf gespannt, welche Veränderungen in diesen Bildern durch

das Vorhalten farbiger Gläser vor die Flamme erzeugt werden würden. Denn, wenn Newton's Theorie richtig war, so mußte, da nach ihm die sieben farbigen Lichter nicht allein verschieden brechen, sondern auch in verschiedenen Winkeln gespiegelt werden sollen, hierdurch eine gänzliche Umwälzung in sämmtlichen das Prisma umgebenden Bildern veranlaßt werden. Dieser Erfolg trat aber keineswegs ein, sondern der Einfluß der vor die Flamme gehaltenen farbigen Gläser beschränkte sich im Allgemeinen darauf, daß die, mehrentheils die Farbe der Beleuchtung annehmenden Projectionen sich von beiden Seiten verengten und zugleich an Helligkeit abnahmen, je mehr das angewendete Glas einer dunklen Farbenstufe entsprach. Das gelbe Glas zeigte von allen Farben den geringsten, das violette Glas den stärksten Verdunklungsgrad. Bei der Anwendung eines gelben Glases nämlich war nicht nur die Verengerung der Projectionen bedeutend geringer, als sie bei allen übrigen farbigen Gläsern stattfand, sondern es blieben bei diesem allein die prismatischen Farben in den Projectionen erkennbar, während dieselben bei allen übrigen Gläsern durch die Farbe des angewendeten Glases verdrängt wurden. Beim violetten Glase dagegen zeigte sich nicht nur die Verengerung am Bedeutendsten, sondern auch die Verdunklung in dem Maße gesteigert, daß die Umrisse der Projectionen kaum mehr zu unterscheiden waren. Bei den blauen, grünen und rothen Gläsern zeigte die Verengerung kein merklich verschiedenes Maß, doch fand dieselbe, meinen Beobachtungen nach, bei diesen Gläsern nicht ganz gleichmäßig nach beiden Seiten hin statt. Die letztere Beobachtung überraschte mich Anfangs. Ich ermittelte jedoch bald den Grund dieser Erscheinung, über welche ich daher die Newtonianer nicht voreilig zu frohlocken bitte, da sie mit einer verschiedenartigen Brechung nichts zu thun hat.

Achtet man auf die Ansicht der Flamme, wie dieselbe durch die farbigen Gläser gesehen, erscheint, so findet man, daß der Umfang derselben sich immer mehr verkleinert, je mehr das angewendete Glas eine Zunahme in der Verdunklung nachweist. Der Einfallswinkel des Lichts, den man sich durch diesen scheinbaren Umfang der Flamme begrenzt denkt, spitzt sich also in gleichem Grade immer mehr zu. Man darf hierbei nicht übersehen, daß sich die Verkleinerung der Ansicht der Flamme nicht

etwa blos auf ihren äußern Umfang beschränkt, sondern daß hiermit auch gleichzeitig eine Verödung im Innern des erscheinenden Flammenkörpers eintritt, wie es nicht anders sein kann, da der Widerstand, welchen das verdunkelnde Glas den Lichtwellen entgegenstellt, sich gleichmäßig über den ganzen Raum des leuchtenden Körpers erstreckt. Die Verödung des letzteren erscheint natürlich am Auffallendsten bei stark verdunkelnden Gläsern, z. B. beim violetten Glase, oder wenn man mehrere farbige Gläser zusammen in Anwendung bringt, sie ist aber bei allen farbigen Gläsern eine merkliche. Da gegenwärtig im öffentlichen Verkehr vielfach Laternen mit farbigen Gläsern in Anwendung kommen, so hat man leicht Gelegenheit sich von dem durch den Einfluß der letztern verringerten Ansehn der Flamme zu überzeugen. Vergleicht man zwei in gleicher Entfernung brennende, gleich starke Gasflammen, von denen die eine in einer Laterne mit farblosem, die andere in einer Laterne mit kräftig gefärbtem Glase brennt, so wird es in sehr auffallender Weise bemerklich sein, wie beträchtlich der Umfang der letztern Flamme, in Vergleich zur ersteren, verkleinert, zusammengeschrumpft erscheint.

Die unter der Anwendung farbiger Gläser an den prismatischen Projectionen eintretenden Verengerungen entsprechen nun durchaus dem Winkel, welcher von dem durch das farbige Glas erscheinenden Umfange des leuchtenden Körpers gebildet wird. Je mehr sich mit der Verkleinerung dieses Umfangs der Einfallswinkel des Lichts zuspitzt, desto spitzer erscheint natürlich auch der aus dem Prisma austretende Lichtstrom, desto mehr verengert sich die Projection desselben und desto näher treten seine schattigen Säume an einander. Nicht eine veränderte Brechung ist es also, welche sich durch die Verengung der Projectionen unter der Anwendung farbiger Gläser kund giebt, sondern diese Verengung ist die einfache Folge davon, daß ein im Allgemeinen seiner Wirkung nach verkleinerter und zugleich verdünnter Lichtkörper ebenso aus dem Prisma tritt, wie er als solcher in dasselbe eintrat. Hierin besteht die wesentlichste Wirkung einer farbigen Beleuchtung, daß sie eine Einschrumpfung der eintretenden Lichtströme veranlaßt, um so stärker natürlich, je mehr die angewendete Farbe einer dunklen Stufe angehört. Außerdem ist jedoch noch in Betracht zu ziehen, daß die Lichtwellen aus den

Poren verschiedener farbigen Gläser nicht in gleicher Form und Richtung ausströmen. Am Auffallendsten fand ich den Unterschied der letzteren zwischen einem blauen und rothen Glase. Man kann sich denselben am Besten dadurch anschaulich machen, wenn man ein blaues und rothes Glas so über einander hält, daß man die Flamme halb durch das eine, halb durch das andere Glas sieht. Man wird dann finden, daß die Umrisse der Flamme, durch die beiden Gläser betrachtet, nicht genau in eine Linie zusammenfallen, sondern über einander verschoben erscheinen. Mit dieser Verschiedenheit in der Richtung des einfallenden farbigen Lichts fand ich die verschiedene Seitwärtsverrückung der prismatischen Projectionen unter dem Einfluß blauer, rother und grüner Gläser in genauem Zusammenhange stehend. Der Beweis, daß dies nicht auf einer verschiedenen Brechung der Farben, sondern nur auf einer durch die Poren der Gläser veränderten Richtung der Lichtwellen beruhte, wird dadurch gegeben, daß am Prisma selbst unter der Beleuchtung verschiedener Farben keinerlei Brechungsverschiedenheiten zu bemerken waren, sondern die Umrisse der Projectionen eine genaue Uebereinstimmung mit dem durch die Gläser erscheinenden Umfange des leuchtenden Körpers, durchaus nach dem gleichen, durch das Snellius'sche Gesetz gegebenen Brechungsmaße zeigten.

Göthe hatte daher Recht, wenn er die durch farbige Beleuchtung veranlaßte Verschiebung der Bilder hauptsächlich durch den verdunkelnden Einfluß der Farben erklärte. Der schlagendste Beweis dafür, daß die Verdunklung und die dadurch herbeigeführte Verringerung des Umfangs und der Masse des leuchtenden Körpers die Hauptsache bei dieser Anwendung der Farben ausmacht, wird dadurch geliefert, daß man ganz ähnliche Erfolge ohne die Anwendung von Farben erhalten kann, z. B. wenn man die Flamme durch das Vorhalten eines farblosen Papiers verdunkelt. Ich konnte einen ganz ähnlichen Erfolg, wie bei der Anwendung des violetten Glases, dadurch herbeiführen, wenn ich den größten Theil der Flamme durch irgend einen beliebigen undurchsichtigen Gegenstand verdeckte. Wie bedeutend übrigens der verdunkelnde Einfluß farbiger Gläser sein kann, ist daraus zu entnehmen, daß ich nur durch zwei über einander gehaltene farbige Gläser, ein rothes und grünes Glas, die gleiche Ver-

dunklung veranlassen konnte, wie wenn ich einen über einen halben Quadratfuß großen undurchsichtigen Gegenstand vor die Flamme stellte. Es ist bekannt, daß ein geschwärztes Glas hinreicht, um die so stark, bis zur Erblindung blendenden directen Strahlen der Sonne in dem Grade zu dämpfen, daß sie vom Auge ohne Schwierigkeit ertragen werden.

Auf den Grad der Verengerung des Lichtkörpers, welcher durch farbige Gläser herbeigeführt wird, muß begreiflicher Weise ihre Stärke und der Sättigungsgrad ihrer Färbung von Einfluß sein. Es läßt sich daher eine Reihenfolge der Farben in dieser Beziehung im Allgemeinen nicht genau angeben, so lange ein bestimmtes Maß für die Stärke und Färbung der Gläser nicht festgestellt ist. Bei den von mir angewandten Gläsern zeigte sich in Betreff ihres verdunkelnden Einflusses die folgende Reihenfolge. Am geringsten war derselbe beim gelben Glase, dann folgte Hellblau, hierauf Grün, dann Roth und Dunkelblau, welche eine ziemlich gleiche Stufe zeigten, zuletzt Violet, welches alle übrigen Farben ebenso ansehnlich in der Verdunklung überflügelte, wie das Gelb in dem geringen Maß derselben weit von allen übrigen Farben abstand. Diese beiden Farben bilden in dieser Hinsicht die beiden sehr auffallend hervortretenden Extreme der Farbenreihe, was schon einen deutlichen Beweis dafür liefert, daß die Reihenfolge der Farben eine ganz andere ist, als sie von Newton hingestellt worden war.

Es verdient bemerkt zu werden, daß bei den Versuchen mit farbigen Gläsern an den prismatischen Bildern die complementären Farben in mannigfaltiger Weise sichtbar werden, indem die helleren Projectionen in der Farbe der angewendeten Beleuchtung, die dunkleren Projectionen in der complementären Farbe erscheinen, also bei blauer Beleuchtung die letzteren orange, bei grüner Beleuchtung roth, d. h. rosa, bei violetter Beleuchtung gelb und umgekehrt. Giebt man der farbigen Beleuchtung verschiedene Nüancen, so erhält dadurch meistens auch die complementäre Farbe eine andere Beschaffenheit, so z. B. erscheint bei der Beleuchtung mit einem dunklen Roth ein anderes complementäres Grün, als bei der Beleuchtung mit einem hellen Roth. Bei den im Anhange mitgetheilten Versuchen mit farbigen Gläsern sind solche an den complementären Farben eintretenden Veränderun-

gen näher angegeben. Durch Lebhaftigkeit zeichnen sich vor den übrigen complementären Farben immer Roth und Grün aus, ein Beweis, daß dieses Paar der complementären Farben eine bevorzugte Stellung in der Farbenreihe annimmt, worüber wir später noch eine Andeutung geben werden.

Nach diesen Aufschlüssen über den Einfluß der farbigen Beleuchtung wird es nicht schwer halten die hieraus sich ergebenden Folgerungen für die Beschaffenheit der angestellten Berechnungen der Wellenlängen zur Anwendung zu bringen. Die Berechnung nach den Newton'schen Ringen betreffend, muß zunächst bemerkt werden, daß derselben überhaupt mehrfache willkürliche Annahmen zu Grunde gelegt waren. Man berechnete die Längen für die Wellen der einzelnen Farben, und es war noch nicht einmal ausgemacht, ob der Eindruck der Farben nur von Wellen einer Gattung abhinge. Es konnte möglich sein, daß der Eindruck der Farbe durch eine Mischung verschiedener Wellen veranlaßt würde, und die Newtonianer hätten diese Möglichkeit am wenigsten außer Acht lassen dürfen, da nach ihrer Ansicht der Eindruck des weißen Lichts aus einer Mischung von sieben verschiedenen Wellen hervorgehen soll. Bis jetzt hat aber die Physik noch keinen Beweis dafür geliefert, daß der Eindruck der Farbe nicht durch gemischte Wellen erzeugt werde. Zweitens war es noch nicht erwiesen, ob die Newton'schen Ringe durch Interferenz erzeugt wurden, noch viel weniger war es erwiesen, ob dieselbe, wie die Physik annahm, nur durch die Begegnung der Wellen unter verschiedener Stellung derselben Wellenlänge bewirkt würde, da die Erscheinungen vielmehr für eine Wechselwirkung verschieden starker Lichtwellen sprechen.

Wir wollen jedoch annehmen, es verhielte sich hiermit ganz so, wie die Physik annimmt, daß die Newton'schen Ringe nur durch die Begegnung des in die Linse eintretenden und von der Glasplatte gespiegelt zurückkehrenden Lichts in verschiedener Stellung derselben Wellenlänge, unter nicht zusammentreffenden Wellenbergen, d. h. unter den Abständen einer halben Wellenlänge, stattfinden, würde dann hiernach, wegen der zunehmenden Verengerung der Newton'schen Ringe unter dem Einfluß farbiger Gläser, eine Verschiedenheit der farbigen Wellenlängen anzunehmen und zu berechnen sein? Nicht im Mindesten. Es hat mit

der Verengerung der Newton'schen Ringe ganz dieselbe Bewandtniß, wie mit der Verengerung der prismatischen Bilder unter der Anwendung farbiger Gläser. Die Physik hat sich dabei den kleinen Rechenfehler zu Schulden kommen lassen, daß sie die Richtung des in die Linse eintretenden Lichts bei verschiedenen farbigen Gläsern als unverändert annahm, während sie das doch nicht ist. Je verdunkelnder das angewendete Glas wirkt, desto mehr spitzt sich natürlich der Winkel der in die Linse eintretenden Lichtströme zu und desto mehr müssen auch die schattigen Ringe an einander rücken, sei es nun, daß dieselben gewöhnliche Schatten darstellen, oder durch Interferenz erzeugte schattige Stellen ausmachen. Diese sinnreichen Berechnungen enthalten daher in Wirklichkeit ein ganz anderes Resultat, als die Ermittelung verschiedener Wellenlängen der Farben, welche sie beanspruchen. Sie zeigen nur, daß die in einer anderen Richtung vom leuchtenden Körper kommenden Wellen, auch in anderer Richtung Schatten geben, oder an einer anderen Stelle interferirend sich begegnen, eine Wahrheit, die freilich auch ohne diese Rechnungen längst feststand.

Den Physikern, welchen der hier vorliegende Rechenfehler, so handgreiflich er ist, doch noch nicht handgreiflich genug sein sollte, würde folgender Versuch zu empfehlen sein. Es mögen zwei weiße Flammen von übrigens gleicher Beschaffenheit angewendet werden, für welche demnach auch Wellen gleicher Gattung anzunehmen sein würden, nur mit dem Unterschiede, daß die eine Flamme einen viermal so großen Umfang, als die andere hat. Vor beide Flammen werde nach einander dasselbe Blatt farblosen Papiers gehalten und dann in gleichen Entfernungen von den Flammen der Abstand der Newton'schen Ringe gemessen. Die kleine Flamme wird verengte, die große Flamme weitere Ringe erzeugen, und es würde nun nach jenen sinnreichen Rechnungen hieraus folgen, daß das Licht der letzteren Flamme sich mit größeren Wellenlängen, z. B. den der rothen Farbe, das der ersteren mit kleineren Wellenlängen, z. B. den der violetten Farbe, fortpflanzte, während doch beide Flammen das Licht derselben Gattung aussendeten, und in Wahrheit durch die verschiedenen Abstände der Ringe nur den Unterschied in der Größe der Flammen bekundet wird. Es ist hieraus zu ersehen, zu welchen kühnen

Schlußfolgerungen man gelangen kann, wenn man es nicht für nöthig hält, die Voraussetzungen genau festzustellen, auf welche sich die Rechnungen stützen.

Wir wenden uns jetzt zu der zweiten Berechnungsmethode der Wellenlängen, der nach den Frauenhofer'schen Linien, zu deren Gunsten Dove den Ruf der Frauenhofer'schen Instrumente mit in die Wagschale legt. Dove sagt in dieser Beziehung [55]): „Diese Bemerkungen werden denen nicht überflüssig erscheinen, welchen bekannt ist, wie dem unbefangenen Publikum gegenüber oft über das Bedeutendste abgesprochen wird. Wenn wir Deutschen uns mit Recht etwas darauf wissen, daß die aus deutschen Werkstätten hervorgehenden optischen Instrumente selbst auf den Sternwarten des Auslandes immer allgemeiner werden, so werden wir uns Frauenhofer'n verpflichtet fühlen, und die vorbereitenden Versuche über die festen Linien des Spectrums, welche dies möglich gemacht haben, wenigstens als für die Praxis wichtig anerkennen." Da haben wir wieder ein Beispiel, wobei nicht allerwärts die Newtonianer ihre Zuflucht suchen! Hier werden sogar die berühmten Frauenhofer'schen Instrumente als Bundesgenossen für die Linien zu Hülfe gerufen, die eine Stütze für das Newton'sche System abgeben sollen!

Um den Lesern von vornherein eine deutliche Anschauung von diesen Frauenhofer'schen Linien zu geben, schien es mir das Beste, eine Abbildung derselben den Tafeln beizufügen, welche ich dort nachzusehen bitte. Ich lasse nunmehr die Beschreibung dieser Linien, wie sie in dem Pouillet-Müller'schen Lehrbuch der Physik gegeben ist, [56]) folgen, welche lautet:

„Läßt man in ein dunkles Zimmer durch eine sehr feine Spalte o, Fig. 501, einen Sonnenstrahl eintreten und auf ein Prisma p fallen, welches sehr rein sein muß und dessen Kanten mit der Spalte parallel stehen, so beobachtet man durch ein achromatisches Fernrohr l eine große Menge feiner schwarzer Streifen im Spectrum, welche auf der Längenrichtung desselben rechtwinklig stehen, also der Spalte, von welcher das Licht kommt, parallel sind." (Ich bitte die Leser, diesen Umstand zu beachten, daß die Richtung der Linien mit der Form der Lichtspalte übereinstimmt.)

„Dieses merkwürdige, von Frauenhofer entdeckte Phäno-

men ist Fig. 502 dargestellt. Man sieht, daß die Linien mit einer großen Unregelmäßigkeit über das ganze Spectrum verbreitet sind. Einige dieser Streifen sind sehr fein und erscheinen als isolirte, kaum sichtbare schwarze Linien, andere hingegen liegen einander sehr nahe und gleichen eher einem Schatten" (ich bitte auf dieses Geständniß zu achten) „als getrennten Linien; endlich giebt es einige, welche bei etwas bedeutenderer Ausdehnung sehr scharf und bestimmt erscheinen. Um mitten in dieser Verwirrung" (ein sehr bezeichnendes Geständniß) „einige feste Punkte zu haben, hat Frauenhofer sieben Streifen ausgewählt, die er mit B, C, D, E, F, G und H bezeichnete, welche den doppelten Vortheil bieten, daß sie leicht zu erkennen und daß die durch sie im Spectrum gemachten Abtheilungen nicht gar zu ungleich sind. Zwischen B und C liegen 9 feine scharfe Linien, von C bis D zählt man ungefähr 30, von D bis E 84, von E bis F mehr als 76, unter denen sich drei der stärksten im ganzen Spectrum befinden, von F bis G 185, von G bis H 190, zusammen also von B bis H 574. A, B und C liegen im Roth, D im Orange, E am Uebergange von Gelb in Grün, F im Grün, nahe am blauen Ende, G im Indigo, H im Violet."

„Man kann selbst ohne Fernrohr mit bloßem Auge die Streifen sehen, wenn man ein Prisma von Flintglas, dessen brechender Winkel 70 bis 80° ist, oder ein mit Schwefelkohlenstoff gefülltes Hohlprisma anwendet."

„Auch auf einem Schirme, auf welchem man das Spectrum auffängt, kann man den Streifen sichtbar machen. Man lasse durch eine etwa ½ Millimeter breite Spalte einen durch den Spiegel des Heliostates reflectirten Sonnenstrahl in das dunkle Zimmer fallen und stelle das Prisma 6 bis 10 Schritt weit von der Spalte auf, so wird man leicht ein schönes Spectrum erhalten, und kann denselben auf einem Schirm von halbdurchsichtigem Papier, Durchzeichenpapier, auffangen. Hier sieht man nun noch keine dunklen Streifen, es werden jedoch dann mehrere sichtbar, sobald man eine zweite Spalte, die jedoch etwas weiter sein kann, unmittelbar vor dem Prisma aufstellt."

„Nachdem Frauenhofer diese wichtige Entdeckung gemacht hatte, stellte er folgende Sätze fest: 1) daß die Lage der Streifen von dem brechenden Winkel des Prismas ganz unabhängig ist

und 2) daß auch die Natur der brechenden Substanz auf dieselben keinen Einfluß hat."

„Bis dahin schien das Licht der Sonne und das aller übrigen natürlichen oder künstlichen Lichtquellen ganz identisch zu sein, und es war wichtig zu untersuchen, ob dies auch in Beziehung auf die schwarzen Streifen der Fall ist. Von diesem Gesichtspunkt ausgehend machte Frauenhofer Versuche mit dem Lichte des elektrischen Funkens, dem Lampenlichte, dem Lichte der Venus und dem des Sirius."

„Das elektrische Licht giebt helle Streifen anstatt der schwarzen, einer besonders, der sich durch seine Lebhaftigkeit auszeichnet, befindet sich im Grün."

„Das Lampenlicht giebt ebenfalls helle Streifen, besonders kann man deren zwei im Roth und Orange unterscheiden."

„Das Licht der Venus giebt dieselben Streifen wie das Sonnenlicht, nur sind sie weniger leicht zu unterscheiden; das Licht des Sirius endlich giebt ebenfalls dunkle Streifen, die aber von denen der Sonne und der Planeten ganz verschieden sind; besonders bemerklich sind deren drei, einer im Grün und zwei im Blau."

„Andere Sterne erster Größe scheinen Streifen zu geben, die von denen der Sonne und des Sirius verschieden sind."

Also diese „Verwirrung," in der man willkürlich „einige feste Punkte" „auszuwählen" für gut fand, sollte einen glücklichen Behelf für die vermißte genaue Begrenzbarkeit der prismatischen Farben abgeben! Gleicht das nicht einem Kommen aus dem Regen in die Traufe?

Wir theilen unsererseits vollständig die Freude über die den Frauenhofer'schen Instrumenten zu Theil werdende Anerkennung, wir heißen auch die Entdeckung dieser schönen Linien im Spectrum, wenn wir auch an die von Frauenhofer behauptete constante Form derselben nicht glauben können, willkommen, und wagen sogar zu prophezeien, daß man überall, wo Schatten sind, ähnliche Linien finden wird. Indem wir in dieser Beziehung auf das Geständniß verweisen, daß sich diese Linien ganz nach der Form der das Licht begrenzenden Oeffnung verhalten, über welchen Umstand wir später noch von anderer Seite eine bezeichnende Hinweisung kennen lernen werden, kann uns ihr Auftreten in den

prismatischen Farben um so weniger zur Verwunderung gereichen, da, wie wir gesehen haben, die letzteren genau der Ausdehnung der Schatten entsprechen. Es will uns nur nicht in den Kopf, wie der Werth der Frauenhofer'schen Instrumente und selbst auch die Frauenhofer'schen Linien irgendwie etwas zur Verringerung des bei der Berechnung der Wellenlängen begangenen Rechenfehlers beitragen sollte! Denn es ist im Wesentlichen ganz gleichgültig, ob man jene Berechnung aus den Winkeln, welche die prismatischen Farben im Spectrum zeigen, mit Hülfe jenes Wirrwarrs, in dem man beliebig einige feste Punkte auswählte, oder ohne denselben unternahm, da der wesentliche Fehler eben in der falschen Deutung dieser Winkel liegt, auf welche man die Berechnung stützte, da dieselben ein constantes Maß gar nicht besitzen, und sich auf ganz andere Verhältnisse beziehen, als auf verschiedene Wellenlängen der Farben. Die Bedeutung dieser Winkel wurde nicht im Mindesten eine andere dadurch, daß man zu ihrer Berechnung ein größeres Heer von Linien aufbot, und statt der nicht genau zu begrenzenden Farben sich die gesuchten Grenzen durch beliebig angenommene Punkte bequemer zu machen gedachte. Diese Methode läuft daher wieder ganz auf den alten von Newton bei der Sinusberechnung der vermeintlichen verschiedenen Brechung der Farben begangenen Fehler hinaus, und der einzige Unterschied derselben besteht nur darin, daß man sich der süßen Täuschung hingab, hier diesen Fehler mit Hülfe der Frauenhofer'schen Linien hinter einem Genauigkeitsfirniß verbergen zu können.

Da das Maß der Winkel, in welchen die Farben im Spectrum erscheinen, kein constantes, sondern durchaus abhängig ist von der Ausdehnung und Entfernung des leuchtenden Körpers, von der Größe und Form des angewendeten Prismas und seiner Stellung gegen den leuchtenden Körper, so konnten natürlich jene sinnreichen Berechnungen auch in diesem Falle keinerlei Aufschlüsse über verschiedene Wellenlängen enthalten, sondern nur zeigen, welches Produkt jener angeführten fünf Umstände für die verschiedenen Theile einer prismatischen Lichtprojection in einem bestimmten Falle vorhanden war. Wenn dieses wechselnde Product von fünf verschiedenen Umständen also den Maßstab für die constanten Wellenlängen der Farben vorstellen sollte, so war das

der Elasticität der letzteren denn doch wohl etwas zu viel zugemuthet.

Es übrigt noch, daß wir eine Probe an den Ergebnissen dieser Rechnungen machen. Denn da die denselben zu Grunde gelegten Voraussetzungen in beiden Methoden sich auf ganz andere Verhältnisse beziehen, als auf Wellenlängen, worauf man sie im Widerspruch mit der Logik und Mathematik in Anwendung gebracht hat, so kann es nicht fehlen, daß dieselben höchst wunderbare Resultate darbieten, welche verdienen, etwas näher betrachtet zu werden.

Es sollen nach jenen Berechnungen die Wellenlängen der Farben, in Zehnmillionsteln eines Zolles ausgedrückt, betragen für:

Roth	248
Orange . . .	217
Gelb	201
Grün	184
Blau	168
Indigo . . .	156
Violet	145

Das Mittel von diesen sieben Farben zusammengenommen würde sonach 188 sein, also der Wellenlänge des Grün ganz nahe stehen, d. h. mit anderen Worten, das farblose Licht, welches aus den sieben farbigen Lichtern entstehen soll, müßte sich mit den Wellenlängen des grünen Lichts verbreiten, das Licht müßte unter gleichen Umständen zugleich farblos und grün sein.

Es läßt sich aber auch aus den complementären Farben, durch einen gleichmäßigen raschen Wechsel derselben, der Eindruck des weißen Lichts herstellen. Zieht man aus jenen Zahlen das Mittel für die complementären Farbenpaare, so erhält man für Roth und Grün 201, für Orange und Blau 192, für Gelb und Violet 173 als Mittelwerth. Von diesen Zahlen ist 201 gerade die Wellenlänge der gelben Farbe, 192 fällt zwischen Gelb und Grün, 173 zwischen Grün und Blau. Man erlangt also hiernach das seltsame Resultat, daß das farblose Licht einmal mit grünen, ein anderes Mal mit gelben, einmal mit gelbgrünen, ein anderes Mal mit grünblauen Wellenlängen schwingt.

Alle diese Berechnungen zeigen die Eigenthümlichkeit, daß

das aus den verschiedenen Wellenlängen gewonnene Mittel, welches dem farblosen Licht entsprechen sollte, dem Grün der vermeintlich gefundenen Wellenlängen ungefähr entspricht. Als Belag hierfür möge eine von Dove angeführte[57]) derartige Berechnung von Robert über die angeblichen Wellenlängen der Farben in Luft und Glas hier einen Platz finden, durch welche Derselbe die Wellenlängen, in Pariser Linien ausgedrückt, ermittelt zu haben glaubt, wie folgt:

Luft		Glas	
sehr tiefroth . .	0.000338	roth . .	0.000199
tiefroth	0.000328	roth . .	0.000188
hellorange . . .	0.000281	orange .	0.000177
schwefelgelb . . .	0.000258	brandgelb	0.000165
grün	0.000234	grüngelb .	0.000153
blaugrün . . .	0.000223	grün . .	0.000141
blau	0.000211	indigo .	0.000130
indigo	0.000199	violet . .	0.000118
violet	0.000187	Mittel	0.000158
tiefviolet . . .	0.000176		
Mittel	0.000243		

Der Bruch dieser Mittelwerthe $\frac{0.000243}{0.000158} = 1.525$ stimmte mit dem Brechungsverhältniß der angewendeten Glasplatte überein. Diese in den derartigen Berechnungen stets hervortretende wenigstens annähernde Uebereinstimmung des Mittelwerthes mit dem Grünen findet ihre natürliche Erklärung dadurch, daß das Grün in den prismatischen Projectionen durch ein theilweises Uebereinandertreten des Gelben und Blauen, der beiden helleren Nebenschatten jeder Seite, gebildet wird. Das prismatische Grün entspricht daher einem Mitteldurchschnitt der Kegel, welche durch die vom leuchtenden Körper kommenden Lichtwellen gebildet werden, während der rothe und violette Farbensaum des prismatischen Spectrums, abgesehen von der verschiedenen Ausweitung der in der Nähe der brechenden Kante und entfernter von dieser durchtretenden Lichtkegel, die äußersten Grenzlinien jener Kegel, den stärksten Abstand ihrer Ausweitung zur Anschauung bringen. Da nun die Breite und Ausweitung dieser Kegel, außer andern in Betracht kommenden Umständen, hauptsächlich von dem Umfang

und der Entfernung des leuchtenden Körpers abhängt, so hatte man, indem man die Begrenzungen dieser Kegel als Maß für die verschiedenen Wellenlängen annahm, statt der letzteren in Wahrheit, außer den anderen angedeuteten Umständen, nur den Umfang und die Entfernung des leuchtenden Körpers damit berechnet, wie nämlich die hierdurch gebildeten Lichtkegel in verschiedener Richtung ihrer Durchschnitte, oder in verschiedenen Theilen, sich darstellen.

Wir können den Physikern, wenn ihnen noch eine weitere Ueberzeugung von dem Rechenfehler dieser Methode noth thun sollte, auch hier den obigen Versuch mit zwei verschieden großen, im Uebrigen gleichbeschaffenen Flammen empfehlen, aber ohne die täuschungnährende kleine Lichtspalte. Gesetzt die eine dieser Flammen sei viermal so groß, als die andere, so würde, bei gleicher Stellung des Prismas gegen diese Flammen, die Ausdehnung der farbigen Säume bei der größeren Flamme auch eine viermal größere sein, als bei der kleinen. Es würden daher die Abstände der Wellenlängen des Roth und Violet und aller übrigen Farben von dem Mittelwerthe des Grün, d. h. von dem Mitteldurchschnitt der Lichtkegel, in diesem Falle das Doppelte von den Abständen der Wellenlängen in dem anderen Falle betragen. Gesetzt das Grün hätte die von Robert angegebene Wellenlänge von 234 Millionsteln einer Linie und die Wellenlänge des Roth, im ersten Falle um 94 Millionstel hiervon verschieden, betrüge 328 Millionstel, so würde die Wellenlänge des Roth, im letztern Falle nur um die Hälfte, also um 47 Millionstel, vom Grün abstehend, 281 Millionstel betragen, also dem Hellorange der Robert'schen Berechnung entsprechen, während in Wirklichkeit gerade das umgekehrte Verhältniß sich herausstellen würde, daß die Farben bei der kleinen Flamme eine dunklere Nüance, als bei der größeren Flamme, zeigen würden, worüber im vorigen Abschnitt die Erklärung gegeben worden ist. Mit einem Worte, man würde nach dieser Berechnungsmethode der Wellenlängen zu dem überraschenden Ergebniß kommen, daß nicht nur eine Farbe zugleich mit der einfachen und doppelten Wellenlänge desselben Maßes schwingt, sondern daß auch verschiedene Farben mit gleichen Wellenlängen schwingen, ein Resultat, welches in seiner Wunderbarkeit wohl nicht zu übertreffen ist.

Es bleibt schwer verständlich, wie Männer von den schätzenswerthesten Kenntnissen und Leistungen, unter ihnen unser vortrefflicher Landsmann Frauenhofer, nur einen Augenblick lang sich zu einer Illusion über den Werth dieser Rechnungen verleiten lassen konnten, welche das Gepräge ihrer Fehlerhaftigkeit so offenkundig an der Stirn tragen. Wenn es sehr wohl als etwas Mögliches betrachtet werden kann, daß den Farben Wellen von verschiedener Ausdehnung und Form zukommen, so ist es doch gewiß, daß die Ermittelung derartiger Unterschiede der Farben durch diese Berechnungen nicht gewonnen wurde. Es ist also nichts mit diesen schimmernden Früchten der neueren Physik. Sie gehören ebenso in den Bereich des Humbug, wie die Newton'sche Farbenlehre, der sie entsprossen sind. Da die Physik nicht versäumt hat den Berechnungen eine Abbildung der Wellenlängen sogleich beizufügen, um das Gewicht der ersteren durch die letztere zu verstärken, so glaubte ich den Lesern die Ansicht dieser Conterfeis der Farbenwellen, wenngleich denselben mehr Dichtung als Wahrheit zu Grunde liegt, nicht vorenthalten zu dürfen.

Es ist nicht leicht zu verkennen, daß auch bei diesen Berechnungen, wie bei dem ursprünglichen Irrthum Newton's die Analogie zwischen den Tönen und Farben einen bedeutenden Einfluß ausgeübt hat. Unterhaltend ist es aber, zu sehen, wie vielfach man bei dieser in Anwendung gebrachten Analogie aus der Rolle gefallen ist. Im gewöhnlichen Leben pflegt man, wenn ein Vergleich zwischen Tönen und Farben aufgestellt wird, die lichteren Farben, wie Gelb und Roth, welche man auch als die grellen oder blendenden bezeichnet, mit den hohen Tönen, die dunkleren Farben, wie z. B. Violet, mit den tiefen Tönen zu vergleichen. Man spricht so z. B. von einem schreienden Gelb, einem schreienden Roth, wie man von schreiend hohen Tönen spricht. Ein tiefes Blau dagegen heißt ein dunkles Blau, welches einem hellen Blau oder dem schreienden Roth, wie ein tiefer Ton dem hohen gegenübergestellt wird. Tiefe Töne sind aber bekanntlich solche, welche durch weniger Schwingungen in derselben Zeit entstehen, als die hohen Töne. Bei jenen Berechnungen der Wellenlängen verhält es sich aber umgekehrt; denn diesen nach ist das Violet der höchste und das Roth der tiefste Ton der Farben. Wenn man eine schwingende Saite plötzlich

verlängert, so verwandelt sich der Anfangs hohe Ton derselben in einen tieferen, weil der bewegenden Kraft jetzt eine größere Widerstandsmasse gegenübersteht, wodurch nur weniger Schwingungen zu Stande kommen. Mit andern Worten: mehr bewegende Kraft oder weniger Widerstandsmasse erzeugt hohe Töne mit großer Schwingungszahl, weniger bewegende Kraft oder mehr Widerstandsmasse erzeugt tiefe Töne mit geringerer Schwingungszahl. Ein violettes Glas verdunkelt sehr viel mehr, als ein gelbes, es stellt also der bewegenden Kraft der Lichtwellen eine größere Widerstandsmasse entgegen als das letztere. Gleichwohl sollte nach jenen Berechnungen das aus dem violetten Glase austretende Licht schnellere Schwingungen zeigen, als das aus dem gelben Glase austretende.

Die Physik hatte niemals angenommen, daß hohe Töne mit den rascher folgenden Wellen sich in manchen Stoffen unter anderen Winkeln fortpflanzen, als tiefe Töne mit den langsamer folgenden Wellen. Dennoch glaubte man sich berechtigt, umgekehrt aus einer unterstellten Fortpflanzung farbiger Strahlen unter verschiedenen Winkeln auf eine Verschiedenheit der Wellenlängen schließen zu dürfen. Die Voraussetzung war ebenso abenteuerlich wie der Schluß.

Eine Zeit lang glaubte man, wegen der verschiedenen Wellenlängen der Farben auch eine verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeit derselben annehmen zu müssen. Da jedoch der letzteren Annahme die Wahrnehmungen in der Wirklichkeit zu entschieden widersprachen, so sah man sich genöthigt diese Vorstellung wieder aufzugeben, und beruhigte sich mit der Aehnlichkeit der Töne, bei denen auch erfahrungsgemäß in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, wenigstens durch die Luft, kein Unterschied stattfindet, da man bekanntlich die hohen Töne eines Concerts zugleich mit den tiefen hört. Fände eine verschiedene Fortpflanzung der sieben Farben, aus welchen nach Newton das weiße Licht bestehen soll, statt, so müßte beim Aufgehen der Sonne, ehe die Wirkung des weißen Lichts eintritt, erst violettes Licht, dann Violet mit Indigo, dann Violet, Indigo mit Blau, und so, der Reihe nach, die Ankunft der sieben Farbenlichter stattfinden, und erst, wenn die vollständige Siebenzahl derselben beisammen wäre, könnte sich aus ihr der Eindruck des farblosen Lichts gebären. Die Wirk-

lichkeit zeigt aber von solchen Wundern nichts. Muschenbroek schloß daher schon aus dem Umstande, daß die Verfinsterung der Jupitersmonde eine plötzliche Verdunklung veranlaßt, ohne die Wirkung farbigen Lichts zu verursachen, daß eine verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeit der sieben Farbenstrahlen nicht stattfinden könne. Das Gleiche sah man sich genöthigt aus dem Umstande zu schließen, daß das Licht aller Fixsterne, unter denen es, außer den weißen, bekanntlich auch rothe, grüne, gelbe und blaue giebt, wie auch das der Planeten, stets dieselbe Brechbarkeit zeigte.[58]) Und doch gelangte man aus der Einsicht dieser Thatsachen noch nicht bis zu dem hierdurch schon aufs Aeußerste nahe gelegten Schluß, daß auch die Annahme einer Fortpflanzung der Farben unter verschiedenen Winkeln auf einem Irrthum beruhen möchte.

Dove führt an, daß nach den von Despretz wiederholten Savart'schen Versuchen über die Grenze der Wahrnehmbarkeit der Töne der tiefste wahrnehmbare Ton durch 16 Ein- und Ausbiegungen des Trommelfells oder durch 32 einfache Schwingungen in einer Secunde, der höchste wahrnehmbare Ton durch 73,000 solcher Schwingungen, oder durch 36,500 Ein- und Ausbiegungen des Trommelfells entsteht.[59]) Die Unterschiede der Schwingungszahlen der Töne bewegen sich daher innerhalb einer Grenze, welche die Ziffer von 100,000 noch nicht erreicht. Namentlich aber liegen die eigentlichen Notentöne in solchen Abständen aus einander, daß eine Unterscheidung derselben sich in leicht faßlicher Weise durch einfache Bruchwerthe ausdrücken läßt, bei denen eine Zählung nach Millionsteln oder Billionsteln nicht nothwendig wird.

Nach jenen Berechnungen über die Wellenlängen der Farben würde dagegen, da die Schwingungszahl für die Wellen des Orange 528.000000.000000, die für die Wellen des Grün 591.000000.000000 in einer Secunde betragen soll,[60]) der Unterschied dieser beiden Schwingungszahlen 63 Billionen betragen, oder die Schwingungszahl des Grün, als Vielfaches der Schwingungszahl des Orange ausgedrückt, dem Werthe von 1,119318181818 entsprechen. Es würde hiernach die Unterscheidung der Farben, nicht wie die der Töne, an leicht faßliche, sondern im Gegentheil an sehr schwer zu übersehende Bruchwerthe geknüpft sein, welche ein Berechnen und Abzählen nach Billionen nöthig machte. Wir

würden demnach, wenn die Unterscheidung der Farben auf der Empfindung des Zahlenunterschiedes ihrer Schwingungen beruhen sollte, im Auge einen Zahlenmesser besitzen müssen, welcher das im Ohre zu diesem Zwecke befindliche Werkzeug, den in den Windungen der Ohrschnecke aufgewundenen Nervenfaden, außerordentlich an Ausdehnung übertreffen müßte, während bekanntlich das Auge ein derartiges Werkzeug überhaupt garnicht besitzt. Eine Zurückführung der Empfindung der Farbenunterschiede auf Schwingungszahlen nach der Analogie der Töne war daher nur dadurch möglich, daß man die anatomischen und physiologischen Unterschiede, welche für die beiden Sinneswerkzeuge des Gesichts und Gehörs bestehen, ganz übersah.

Daß eine Analogie zwischen den Tönen und Farben besteht, ist wohl nicht leicht zu verkennen. Diese Analogie beschränkt sich aber lediglich darauf, daß bei beiden Sinnen, dem Gesicht und Gehör, ein Messen gewisser Empfindungsunterschiede stattfindet, welches nach bestimmten Zahlenwerthen geordnet ist, und der Wahrscheinlichkeit nach stimmen beide Sinne darin überein, daß die Ordnung der Empfindungsunterschiede nach leicht faßlichen Zahlenverhältnissen stattfindet. Für die Anwendung dieser Zahlenwerthe gilt aber bei beiden Sinneswerkzeugen ein ganz verschiedener Maßstab. Diesen Unterschied hat man übersehen, indem man irriger Weise annahm, weil bei dem Ohr die Zahlenwerthe nach der Zahl der Wellenschwingungen in einer gewissen Zeit geordnet sind, müßte bei der Empfindung der Farben dasselbe der Fall sein. Gerade dadurch zerstörte man die wahre zwischen den beiden Sinnen vorhandene Analogie, indem man, statt der auch für die Farben anwendbaren leicht faßlichen Zahlenunterschiede, eine Unterscheidung nach unübersehbaren und unzählbaren Billionsteln unterschob.

Das Gehör ist der Sinn, welcher auf die Wahrnehmung des harmonischen Zusammenhaltens der Atome, auf die Wahrnehmung der Elasticität, der Schwingungsfähigkeit der dichteren Stoffe gerichtet ist, welche einen Gegensatz zu dem feineren, Alles durchdringenden Aether ausmachen. Da aus den Combinationen der verschiedenen Form, Art und Masse dieser sehr zahlreichen Stoffe eine sehr große Zahl von Verschiedenheiten in der Gestalt ihrer Schwingungswellen sich ergeben muß, so würde die Natur

sich einen schwierigen Weg bereitet haben, wenn sie die Unterscheidung der Schwingungen hier nach Zahlenwerthen der Gestalt und Form der Wellen hätte messen wollen. Sie hat sich daher hier das zu erreichende Ziel wesentlich dadurch erleichtert, daß sie die Zahlenunterschiede für diese Wahrnehmungen lediglich auf das Zählen der Schwingungen, auf eine Vergleichung der Zahl der Wellen innerhalb derselben Zeit, beschränkte. Zu diesem Behufe besitzen wir im Ohre selbst eine Tonleiter, einen in den Windungen der Schnecke, welche sich in der innern Ohrhöhle befindet, aufgerollten Nervenfaden mit feinen Sprossen, an welchem die Zahl der Schallwellen, je nach der Strecke, in welcher sie diese Tonleiter durchlaufen, abgeschätzt werden kann, wie der Seemann die Tiefe des Meeres nach den Knoten eines Fadens zählt. Wir empfinden zwar auch etwas von der Form der Schallwellen, indem wir z. B. einen metallischen Klang von dem Klang eines zerbrochenen Topfes zu unterscheiden wissen. Aber diese Unterscheidung, so sehr sie auch auf unsere Empfindung mitwirkt, bewegt sich doch immer im Allgemeinen, sie ist eine nur in Bausch und Bogen wahrgenommene, auf die wir eine Bestimmung nach Zahlenwerthen nicht anzuwenden vermögen. Wir vermögen deßhalb den besondern Klang eines Schalls oder Tons nur durch Vergleichungen zu bezeichnen, indem wir z. B. einen solchen mit dem Klang einer Flöte, einer Harfe, einer Violine, einer Glasharmonika, einer Trommel, eines Geschützes, des Donners u. s. w. vergleichen, oder nach den sonstigen bekannten Beispielen schallerzeugender Körper bezeichnen. Die Hauptunterschiede, die nach bestimmten Werthen geschätzt werden können, bleiben für das Ohr immer die Zahlen der Schwingungen. Sie sind es, auf welchen für diesen Sinn die Melodie und Harmonie, die regelrechte, sinnreiche Ordnung und das Zusammenstimmen der Töne beruht.

Ganz anders verhält es sich mit dem Auge. Die Bewegungen des Aethermeers, auf deren Wahrnehmungen sich dasselbe ausschließlich bezieht, wiewohl nur auf eine bestimmte Form dieser Bewegungen, denn auch die Empfindung der Wärme beruht auf denselben Bewegungen, für deren Form aber ein größerer Spielraum gelassen ist, bilden erfahrungsgemäß einen Reflex, nicht von der Schwingungsfähigkeit der bereits verbundenen Atome, sondern von dem ersten Zusammentreten derselben zu neuen Ver-

bindungen. Dieser Vorgang ist es, durch welchen die von den leuchtenden Körpern ausgehende Lichtströmung veranlaßt wird, deren Wellenkreise durch den Zusammentritt der Atome ihre Entstehung erhalten. Der Bereich, welchen die Natur der Erkenntniß durch das Auge eröffnet hat, ist aber ein unendlich weiter und vielfältiger, weil in die Wahrnehmung der leuchtenden Körper, zugleich die aller beleuchteten Körper eingeschlossen ist, welche irgendwie in Berührung mit den Wellen des zum Licht erregten Aethermeers kommen. Während der Ursprung der Lichtwellen Zeugniß giebt von gewissen Bewegungen, welche das Zusammentreten von Atomen begleiten, zeigen die Veränderungen, welche die Lichtwellen bei ihrer Berührung mit der übrigen Körperwelt, den Massen der dichteren Stoffe, erleiden, noch mancherlei Verschiedenheiten der Atome und deren Zusammenfügung bezüglich ihres Verhaltens gegen die Aetherwellen an, wonach wir die Durchsichtigkeit, die Spiegelung, die verschiedene Beleuchtung und Färbung, Größe, Gestalt und Entfernung der Körper unterscheiden. Immer aber ist es nur die Beschaffenheit der Aetherwellen, durch welche uns direct und indirect alle diese Unterscheidungen ermöglicht werden, und zwar nur in einer bestimmten Feinheit dieser Bewegung. Denn ist diese Feinheit der Bewegung nicht mehr vorhanden, so empfinden wir von den Aetherwellen kein Licht mehr, sondern sie fallen dann als Wärme in einen andern Bereich unserer Sinne, den des allgemeinen Gefühlvermögens. Das Verhältniß zwischen der Licht- und Wärmebewegung ist demnach das des Besondern zum Allgemeineren. Ueberall wo Licht ist, ist auch Wärme; aber nicht umgekehrt ist Licht immer da, wo Wärme von uns empfunden wird.

Hierin besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Auge und dem Ohr, daß die Wahrnehmungen des ersteren nur durch die Bewegungen eines, aber des feinsten Stoffes, und noch dazu durch die feinste Gattung seiner Bewegungen, vermittelt werden, während die Wahrnehmungen für das Ohr durch vielerlei Stoffe vermittelt werden können, deren Schwingungen aber an Feinheit hinter denen des Aethers weit zurückstehen. Es gelten daher in dieser Hinsicht für die Verbreitung der Schallwellen und der Lichtwellen gerade die umgekehrten Bedingungen. Wie langsam die Schallwellen in Vergleich zu den Lichtwellen sich verbreiten,

lehrt schon das Beispiel des Donners, der nach dem Blitze oft noch lange auf sich warten läßt. Der Unterschied der Schnelligkeit zwischen beiden Schwingungen ist ein so bedeutender, daß die Schallwellen, um die Strecke von 40,000 Meilen, welche das Licht in einer Secunde durchwandert, zurückzulegen, wenn der Raum mit Luft gefüllt wäre, 10⅔ Tage gebrauchen würden.[61]) Ebenso verbreiten sich die Schallwellen nur in geringere Fernen. Steigt man auf einen hohen Thurm, so dringt von dem Straßengeräusch unten nichts mehr ans Ohr. Die Dichtheit der Stoffe ist der Fortpflanzung der Schallwellen günstiger als die Feinheit derselben. Kanonendonner, welchen man durch die Luft nicht mehr hört, kann man noch hören, wenn man das Ohr auf die Erde legt. Das unbedeutende Tönen eines silbernen Löffels wird wie der Klang einer großen Glocke vernommen, wenn man den Löffel, mittelst eines Fadens, in unmittelbare Berührung mit dem Kopfe bringt. Die Schallwellen können überhaupt nur durch einen Stoff, der dichter als der Aether ist, fortgepflanzt werden. Unter der Luftpumpe hört jeder Klang auf. Von allem dem findet das Umgekehrte beim Licht statt. Es ist an die Feinheit, wie der Schall an die Dichtheit der Stoffe, gebunden. Je weniger dicht, je feiner, je ätherischer ein Stoff ist, je mehr zeigt er sich günstig für die Durchwanderung der Lichtwellen. Die luftförmigen Körper z. B., welche der Verbreitung der Schallwellen wenig günstig sind, sind der Fortpflanzung der Lichtwellen gerade meistens am Günstigsten. Diese durch die Beschaffenheit des Aethers bedingte Feinheit der Lichtwellen, welche sich dem Auge wie Fühlfäden anschmiegen, ermöglicht es, daß die Wahrnehmungen desselben bis in die größten Sternenweiten reichen, während sie andrerseits bis in das innerste Gefüge des feinsten Stäubchens einzudringen und es auszuspüren vermögen.

Da die Lichtwellen die größten Räume mit einer außerordentlichen Schnelligkeit durchmessen, so ist es bei der großen Feinheit dieser Wellen natürlich, daß die Zahlen ihrer Schwingungen, welche sie in der kürzesten Frist vollenden, gleichfalls eine außerordentliche Höhe erreichen müssen. Wenn es daher einigermaßen zweifelhaft bleibt, ob die Schwingungszahlen der Lichtwellen überhaupt dem Gebiet der faßlichen Zahlen einverleibt werden können, so möchte es doch unzweifelhaft sein, daß sie jedenfalls über das

Gebiet der leicht faßlichen und einfachen Zahlen hinausreichen. Einige hundert Billionen sind zwar in Ziffern bald hingeschrieben, aber wir erhalten das Licht fast ebenso schnell aus vielen tausend Meilen, als wir eine solche Zahl zu denken oder auszusprechen vermögen. Und doch ist ein Denken oder Aussprechen einer solchen Zahl in Ziffern noch lange kein bewußtes Empfinden der einzelnen Aufeinanderfolge aller ihrer Einheiten. Sollten wir also solche Zahlen abzählen, so würden wir mit den Wirkungen des Lichts schwerlich Schritt zu halten vermögen, selbst wenn uns dazu eine leichteste Zählungsmethode vergönnt wäre, so leicht, wie das Hinschreiben einer Billion ist. Die Natur würde sich daher einen sehr umständlichen Weg bereitet haben, wenn sie die nach Zahlen zu messenden Unterschiede in der Empfindung der Lichtwellen auf das Zählen ihrer Schwingungen hätte stützen wollen. Hier, wo die Vermittlung der Bewegung nur einem, aber dem feinsten Stoffe anheimfiel, war das offenbar das Einfachere, was für die Zahlenbestimmung der Töne als das Verwickeltere ausgeschlossen wurde, die Ordnung der Zahlenwerthe nach der Form, der Gestalt der Wellen, nicht nach der Zahl ihrer Schwingungen, welche hier das Verwickeltere gewesen wäre. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Natur in der Unterscheidung der Farben diesen Weg eingeschlagen hat, welcher sich ihr als der näherliegende und zweckmäßigere empfahl. Deßhalb besitzen wir im Auge keine Sprossenleiter, wie im Ohr, weil das Auge mit dem Abzählen der Wellenschwingungen sich nicht befaßt, sondern die Zahlengröße derselben nach der Form der Wellen mißt, wobei die Wahrscheinlichkeit durchaus dafür ist, daß die Zahlenbestimmungen des Auges, in der Unterscheidung der Farben, sich in einem ähnlich leicht faßlichen Bereiche halten, wie die des Ohres bei den Tönen. Hierin allein also ist die wahre Analogie zwischen den Tönen und Farben zu suchen, daß für beide Empfindungen von der Natur eine Ordnung nach Zahlenwerthen festgestellt war, welche aber nicht über denselben Kamm geschoren, sondern nach den Bedingungen bemessen ist, welche für jeden dieser Sinne die einfachste und am leichtesten faßliche Uebersicht ermöglichten.

Das Bewußtsein, daß es reine Farben gebe, wie es reine Töne giebt, scheint ein ziemlich allgemein verbreitetes zu sein.

Weniger allgemein ist man aber zu einer Klarheit darüber gekommen, worin die Reinheit der Farben besteht. Daß Göthe der Sinn für reine Farben deßhalb abgegangen sein soll, wie Dove behauptet, weil er sich den Vorstellungen der Newton'schen Homogenität der Farben nicht anschloß, möchte wohl nicht auf der richtigsten Schlußfolgerung beruhen. Dove äußert in dieser Beziehung:[62]) „Eine Farbenlehre, die nicht zum Bedürfniß der Homogenität der Farben gekommen ist, ja wo dieses Bedürfniß vorhanden ist, es nicht begreift oder vielmehr, wie die Göthe'sche es durch „gemalte Newton'sche Mucken" verspottet, ist einer Akustik zu vergleichen, in welcher von Tonverhältnissen nicht die Rede sein soll, oder in der es gleichgültig ist, ob die Töne rein oder unrein, es ist der Standpunkt äußerlicher Wahrnehmung, wo eben von Theorie noch garnicht die Rede ist." Freilich ist von der Newton'schen Farbenlehre das Umgekehrte zu sagen, daß sie ganz nur Theorie ist, welche durch jede äußere Wahrnehmung widerlegt wird. Wie aber aus dem Nichtanschluß an die Vorstellungen der Homogenität der mangelnde Sinn für die Reinheit der Farben folgen soll, ist schwer ersichtlich, da Andere hieraus wohl nur die Vermuthung hegen würden, daß Göthe die Reinheit der Farben in etwas Anderem, als die Newtonianer, gesucht haben werde. Wäre auf solche Schlußfolgerungen hin der Mangel des Sinns für reine Farben erwiesen, so könnte auch z. B. der Verfasser dieser Zeilen vielleicht plötzlich zu dem Verlust dieses Sinnes gekommen sein, bloß deßhalb, weil er sich dem Glauben an die Richtigkeit der berechneten Wellenlängen der Farben nicht anzuschließen für gut fand.

Die Newtonianer, welche die Bedingung für die Reinheit der Farbe darin suchen, daß unter dem Einfluß derselben andere Farben nicht zu erscheinen vermögen, glauben in den prismatischen Farben die Urbilder dieser homogenen, unveränderlichen und alleinherrschenden Farbenlichter gefunden zu haben. Das prismatische Spectrum vermag nun zwar die Gruppe der drei Farbenpaare vollständig zu versammeln, was aber die Reinheit der Farben anbetrifft, so kann mit Grund eingewendet werden, daß die prismatischen Farben keineswegs den Bedingungen am Vollkommensten entsprechen, welche für diese aufgestellt werden müssen. Wohl aber leisten die prismatischen Farben mitunter

das, worin die Newtonianer die Reinheit der Farben suchen, daß sie andere Farben zu unterdrücken vermögen. Sie leisten dieß nur mitunter, keineswegs unbedingt; denn man kann ohne alle Schwierigkeit durch ein Uebereinanderziehen der Nebenschatten beider Seiten die blaue Farbe der prismatischen Säume mitten in die rothe hineinwerfen und doch beide mit Deutlichkeit unterscheiden, daher Newton's Verklausulirung sehr klug war, daß er die homogenen Lichter doch nicht als „absolut homogen" gelten lassen wollte.

Diese Fähigkeit, andere Farben zu unterdrücken, hat aber offenbar mit der Reinheit der Farben nichts zu schaffen, sondern beruht auf ganz andern Umständen, die sogar zum Theil das Gegentheil der Reinheit darstellen. Zu der Fähigkeit einer farbigen Beleuchtung, andere Farben, unter dem Ausschluß der Einwirkung eines weiteren Lichts, zu unterdrücken, vermag einerseits die Tiefe oder Dunkelheit der Farben, also der durch dieselben veranlaßte Verdunklungsgrad, andrerseits die Grellheit derselben beizutragen. Die letztere Wirkung hängt wiederum theils von der Stärke der Beleuchtung, theils von der Sättigung der angewendeten Farbe ab, welche entweder durch eine stärkere Masse des farbegebenden Stoffs, oder durch ein Zusammenwirken gespiegelter und nicht gespiegelter Lichtwellen derselben Färbung, veranlaßt wird. Zu der stärkeren Sättigung der Farben und der dadurch vermehrten Fähigkeit, eine andere Farbe zu unterdrücken, kann in sehr wirksamer Weise auch noch die Durcheinanderlagerung der Wellen verschiedener Farbengattungen beitragen, also ein Mischmasch mehrerer Farben, der handgreiflich das Gegentheil der Reinheit darstellt. Nach den Newtonianern aber giebt ein solcher Mischmasch, wenn er nur die Kraft besitzt, andere Farben zu unterdrücken, das Urbild einer reinen Farbe. Wenn z. B. ein Glas leicht rosenroth gefärbt ist, so besitzt es nach den Newtonianern keine reine Farbe, weil bei der Beleuchtung durch ein solches Glas noch andere Farben sichtbar bleiben können. Ist dagegen auf ein Glas ein brennendes Ziegelroth papierdick aufgetragen, sodaß alle Beleuchtung, welche durch dieses Glas geht, in einem rothen Dunst erscheint, so ist dieses Glas nach den Newtonianern im Besitz einer reinen Farbe. Wenn man eine Weingeistflamme mit Kochsalz bestreut, so verbreitet

dieselbe eine stark mit Aschgrau untermischte gelbliche Beleuchtung, unter deren Einfluß bekanntlich die Röthe von den Gesichtern verschwindet und die letzteren ein fahles Leichenaussehen annehmen, eine Färbung, welche unter dieser Beleuchtung aus dem gleichen Grunde auch der rothe Schnitt eines Buches zeigt. Da nun bei dieser Beleuchtung die Beseitigung des Roth besser gelingt, als bei der Beleuchtung durch ein hellgelbes Glas, so hat das letztere nach den Newtonianern eine unreine Farbe, während jenes mit Aschgrau versetzte Gelb eine reine Farbe ausmachen soll.[63]) Göthe war daher wohl sehr im Recht, wenn er sich einer so wunderlichen Definition von der Reinheit der Farben nicht anschloß.

Daß das Prisma nicht das beste Mittel ist, die Farben in ihrer Reinheit zu vergegenwärtigen, geht allein schon daraus hervor, daß dieselben in ganz ungleichmäßiger Beschaffenheit durch dasselbe zur Erscheinung gebracht werden. Bei den subjectiven Versuchen kann man sich auf das Vielfältigste davon überzeugen, wie verschieden die durch das Prisma erscheinenden Farben sind, je nach der Beleuchtung der betrachteten Gegenstände. Je mehr sich die Beleuchtung hervorhebt, desto lebhafter und glänzender erscheinen die Farben und sind dann geeignet einen angenehmen Eindruck zu machen. Dieß läßt sich im Allgemeinen von den im Sonnenspectrum erscheinenden Farben sagen, wiewohl dieselben an Glanz übertroffen werden, wenn man eine mehr in der Nähe befindliche Flamme in der Dunkelheit durch ein Prisma betrachtet, z. B. eine auf der dunklen Straße brennende Gasflamme. Je matter aber die Beleuchtung der Gegenstände ist, desto mehr verlieren auch die durch das Prisma erscheinenden Farben an Glanz und Annehmlichkeit und man erblickt dann oft wahrhaft abscheuliche Farben durch dasselbe: ein widerliches Grüngelb, ein fatales Ziegelroth, ein tintenfarbenes Blau u. dgl., ein Colorit, welches auf ein Ideal der Reinheit schwerlich Anspruch machen könnte. Aber auch die im schönsten Glanze erscheinenden prismatischen Farben sind deßhalb noch keine reinen Farben. Die prismatischen Farben können überhaupt die Stufe der höchsten Reinheit niemals erreichen, weil der durch das Prisma tretende Lichtkörper stets verschoben und es daher unvermeidlich ist, daß die Farbenschichten desselben nicht nur mehrfach, und zwar ungleichförmig,

sich decken, sondern daß auch Schichten verschiedener Farbengattungen, wenigstens theilweise, übereinanderfallen. Die angeführten Berechnungen der Wellenlängen von Robert geben einen sehr sprechenden Belag von diesem Mischverhalten der prismatischen Farben in den Bezeichnungen: schwefelgelb, brandgelb, grüngelb, blaugrün, welche wir dort angegeben finden. Der Glaube, in den prismatischen Farben die Urbilder der Farbenreinheit zu besitzen, erweist sich demnach als eine leere Illusion. Die prismatischen Farben gehören vielmehr nach ihrer Entstehungsweise zu der Klasse der Deckfarben, deren Eigenschaften wir sogleich näher betrachten werden, und sind niemals frei von anderweitigen Beimischungen, welche reine Farben nicht enthalten dürfen.

Denn das Wesen der Farbenreinheit besteht in der Gleichförmigkeit der Elemente, welche den Eindruck der Farbe hervorrufen, in dem Freisein von verschiedenartigen Beimischungen. Wahrscheinlich kommt aber zu der Bestimmung der Reinheit der Farben, außer der Gleichförmigkeit ihrer Elemente, noch eine Abmessung nach bestimmten Zahlen, ähnlich wie bei den Tönen, hinzu. Wie es zur Reinheit des Tons erforderlich ist, daß derselbe nicht allein von abweichenden Nebenklängen nicht getrübt ist, sondern auch eine bestimmte Zahl von Schwingungen darbiete, ebenso möchte es zur Reinheit der Farben nöthig sein, daß, außer der gleichförmigen Beschaffenheit der sie erzeugenden Lichtwellen, eine bestimmte Zahlengröße des Wellendrucks durch sie erreicht werde.

Da die Gleichförmigkeit der Elemente die eine Bedingung der Farbenreinheit ausmacht, so ist es einleuchtend, daß zur Bestimmung der absoluten Reinheit das bloße Freisein von der Beimischung einer andern Farbe noch nicht ausreicht, indem es auch eine Ungleichförmigkeit der Elemente in der gleichen Farbe geben kann. Hieraus ergeben sich zwei Klassen von Farben, welche relativ beide dem Anspruch der Reinheit entsprechen, von denen aber, in Betreff der absoluten Reinheit, die eine unter der andern steht. Man könnte diese beiden Klassen als klare und gedeckte Farben unterscheiden. Man kann sich den Unterschied dieser beiden Farbenklassen deutlich machen, wenn man sich den verschiedenen Eindruck, den das klare durchsichtige farblose Licht, und eine blendend weiße Beleuchtung macht, vergegenwärtigt.

Die sprüchwörtlich gepriesene Weiße des Schnees giebt wohl ein sprechendes Zeugniß dafür, daß das Weiß desselben auf Reinheit Anspruch machen kann. Und doch wie verschieden ist der Eindruck von diesem Weiß auf das Auge, gegen den Eindruck der von dem gleichen Licht beleuchteten Luft, welche den Schnee umgiebt, oder der Beleuchtung des Wassers. Während der blendend weiße Schnee das Auge bis zum Erblinden reizen kann, wird das in der Luft oder dem Wasser verbreitete Licht ohne Nachtheil von den Augen empfunden. Diese beiden Lichteindrücke, den Lichteindruck des Schnees und der Beleuchtung der Luft, kann man, wenn man sie den sogenannten bunten Farben gegenüberhält, als farbloses oder auch als weißes Licht bezeichnen. Das Weiß des Schnees, so relativ rein es auch ist, besitzt aber doch nicht die absolute Reinheit des in der Luft vorhandenen farblosen Lichts, weil das erstere aus einem Gemisch der die kleinen Eiskrystalle, aus denen der Schnee besteht, durchströmenden und an ihnen gespiegelten Lichtwellen, also aus nicht ganz gleichartigen Wellengattungen, wenngleich derselben Lichtart, zusammengesetzt ist, während bei dem Licht der Luft die Gleichförmigkeit derselben Wellengattung vorherrscht. Eine ähnliche Wirkung, wie sie beim Schnee durch einen nur beleuchteten Körper zu Stande kommt, kann auch unmittelbar durch einen leuchtenden Körper erzeugt werden. Das Wasserstoffgas giebt, in reinem Sauerstoff verbrennend, ein starkes Licht, welches aber nicht erheblich blendet. Läßt man dagegen diese Gase über einem Kalkcylinder verbrennen, so nimmt die Flamme, durch die Mitwirkung des letzteren, einen blendend weißen Schein an, welcher für die Augen ähnlich schwer zu ertragen ist, wie das Weiß des Schnees.

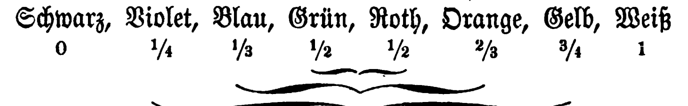
Ebenso, wie das farblose Licht diesen Unterschied an absoluter Reinheit, als klares oder gedecktes Licht zeigt, je nachdem es eine aus gleichförmigen Elementen oder aus der Uebereinanderlagerung nicht ganz gleichförmiger Elemente bestehende Beleuchtung darbietet, wodurch im letzteren Falle die gedeckte Färbung des Weißen entsteht, verhält es sich auch mit den sogenannten bunten Farben. Ein gutes Zinnoberroth z. B. kann auch Ansprüche auf die relative Reinheit des Roth machen. Gleichwohl ist ein mit zinnoberrothem Tuche oder mit zinnoberrothen Tapeten ausgekleidetes Zimmer eine für die Augen kaum erträgliche Tortur,

während der zarte Schimmer der Morgenröthe, welche ein klares durchscheinendes Roth liefert, ohne erhebliche Beschwerden von uns betrachtet wird. Wir begegnen also hier demselben Unterschiede in der Wirkung zwischen der klaren und gedeckten Farbe, wie ihn die Beleuchtung des Schnees und der Luft zeigt. Die gesättigten Deckfarben sind es, welche so vorzüglich grell und blendend auf das Auge wirken, weil sie es mit doppelten Massen bearbeiten. Man könnte sie einer Melodie vergleichen, welche nicht in einfachen Noten, sondern in lauter Octaven gespielt wird. Daß eine Beleuchtung, an welcher Lichtwellen in dieser doppelten Massenwirkung betheiligt sind, besonders geeignet sein muß, um das herzustellen, was die Newtonianer unter Homogenität der Farben verstehen, ist leicht erklärlich. Ebenso gewiß ist es aber, daß derartige Beleuchtungen den Bedingungen der absoluten Farbenreinheit keineswegs entsprechen. Nicht minder gehören die prismatischen Farben in die Klasse dieser gedeckten Farben, wobei sie aber außerdem auch nicht einmal frei von den Beimischungen anderer Farben sind. So ist z. B. das sogenannte Purpurroth des Sonnenspectrums ein schon durch mehrfache ungleichförmige Uebereinanderlagerung der Wellenschichten gedecktes Roth, welches außerdem Beimischungen von Gelb und Braun enthält. Dieses Purpurroth des Sonnenspectrums könnte daher schon nicht einmal als eine relativ reine Farbe hingestellt werden, wie das Zinnoberroth bezeichnet werden kann, geschweige als eine absolut reine Farbe. Gerade das zarte klare Rosenroth, welches die Newtonianer für eine nicht reine, homogene Farbe erklären würden, weil es vielleicht andere Farben nicht vollständig auslöscht, ist allein das absolut reine Roth, das einzige Roth, welches nicht nur von Beimischungen anderer Farben, sondern auch von einer Uebereinanderlagerung ungleichförmiger Wellenschichten frei ist. Dieses ist das Roth, welches uns bei dem Erscheinen der complementären Farben aus dem Auge selbst am häufigsten entgegentritt, wie es auch die mit der größten Lebhaftigkeit roth leuchtenden Körper, z. B. die mit Strontian erzeugten Flammen, darbieten. Die Vorstellungen der Newtonianer, indem sie die Fähigkeit andere Farben zu unterdrücken als Maßstab der Farbenreinheit hinstellen, laufen daher nur darauf hinaus, das Wesen der Reinheit in dem dicken Auftragen der Farben zu suchen. Wir

dagegen meinen, daß dieses dicke Auftragen leicht zum Gegentheil wenigstens der absoluten Reinheit der Farben führen kann, und sehen nicht in der Dicke der wirkenden Masse, sondern in der Gleichförmigkeit ihrer Elemente und in einem bestimmten Zahlenmaß des Wellendrucks die Bedingungen der Farbenreinheit.

Schon Aristoteles hatte die Ansicht angedeutet, daß die Empfindung der Farben auf gewissen Zahlenverhältnissen des durch die Aethertheile im Auge ausgeübten Druckes beruhe. Funccius, welcher die Farben aus einer Vereinigung von Licht und mangelnder Bewegung, d. i. Schatten, in bestimmten Theilverhältnissen ableitete, hat, meines Wissens, zuerst diese Verhältnisse durch Ziffern anschaulich zu machen gesucht, indem er annahm, daß Roth aus gleichen Theilen von Licht und Schatten, Gelb aus zwei Theilen Licht und einem Theil Schatten, Blau aus zwei Theilen Schatten und einem Theile Licht bestehe.[64]) Schopenhauer, welcher die Empfindung der Farben auf einem der Beschaffenheit nach veränderten Reiz der Netzhaut beruhend betrachtet, und sie in dieser Hinsicht dem bloß quantitativ verschiedenen Reiz der Netzhaut gegenüberstellt, wie ihn ein stärkeres oder schwächeres farbloses Licht, die Schattirungen in Weiß und Grau veranlassend, hervorruft, hat die Ordnung der Zahlenwerthe für die Farben, unter Berücksichtigung der Erscheinungen der Ergänzungsfarben, zuerst nach Halbirungsgruppen des durch das farblose Licht erzeugten vollen Eindrucks der Netzhaut vorgenommen, indem er annahm, daß die Farben verschiedenen Bruchwerthen dieses vollen Lichteindrucks entsprächen, welche aber, nach den Ergänzungspaaren der Farben addirt, immer wieder die Einheit des vollen Eindrucks herstellen. Er hat hiernach folgendes Schema aufgestellt:

Schwarz,	Violet,	Blau,	Grün,	Roth,	Orange,	Gelb,	Weiß
0	1/4	1/3	1/2	1/2	2/3	3/4	1



Die hier durch die Klammern verbundenen Ergänzungsfarben zeigen die stete Wiederherstellung der Einheit durch die verschiedenen Bruchwerthe der Farben.[65]) Es sind dieß die Zahlenwerthe, welche den Herrn Professor Rosas so sehr angesprochen haben, daß er bei der Mittheilung derselben in seinem Handbuch der

Augenheilkunde die Leser darüber aufzuklären vergaß, ob er ihnen eine eigene Erfindung oder die eines Andern damit vorführte. [66])

Aus den im Anhange mitgetheilten Versuchen, welche ich über die Wirkungen mehrerer vereinigten farbigen Gläser angestellt habe, geht hervor, daß die Wirkung der Farben gegen einander weder allein durch die Helligkeit derselben, noch durch die Verdunklung der angewendeten farbigen Mittel bestimmt wird, sondern großentheils von der besondern Eigenthümlichkeit der Farben abzuhängen scheint. Es ergiebt sich nämlich aus der Verbindung farbiger Gläser keineswegs immer eine Mischfarbe, die man von denselben erwarten sollte, sondern es zeigt sich vielmehr die Wirkung der einen Farbe über die der andern hervorragend. Das Roth übertrifft in dieser Hinsicht merklich alle übrigen Farben, indem es bei solchen Verbindungen dieselben am Auffallendsten in den Hintergrund drängt. Ein anderes überraschendes Ergebniß, welches aus diesen Versuchen gewonnen wurde, war das, daß die Einschaltung der Ergänzungsfarben in die Reihe der verbundenen Gläser eine vollständige Undurchsichtigkeit eher herbeiführte, als dieselbe durch die gleichen Gläser, und sogar durch eine größere Zahl derselben, ohne jene Einschaltung zu Wege gebracht wurde. Wiewohl diese eigenthümliche Wirkung am Vollständigsten bei der Verbindung rother und grüner Gläser hervortrat, was theilweise dadurch bedingt sein konnte, daß diese an Sättigung der Farbe die gelben Gläser übertrafen, so war die Annäherung an den gleichen Erfolg doch auch bei der Anwendung der andern Ergänzungsfarben bemerklich. Dieses Ergebniß ist in sofern von Wichtigkeit, weil es darthut, daß die Farben nicht bloß als verschiedene Quantitätsgrade der Lichtwirkung aufgefaßt werden können, sondern daß mit ihnen eine besondere Beschaffenheit des auf die Netzhaut ausgeübten Druckes verbunden sein muß. Denn sonst wäre es unmöglich, daß eine Reihe derselben farbigen Gläser, bloß nach der Ordnung, in welcher man sie verbindet, eine ganz verschiedene Wirkung der Verdunklung zeigen. Wenn z. B. ein grünes und ein blaues Glas an und für sich einen ziemlich gleichen Verdunklungsgrad darbieten, und von diesen Gläsern das grüne, mit einem rothen Glase verbunden, Undurchsichtigkeit herbeiführt, während das blaue, mit demselben

rothen Glase verbunden, eine durchsichtige Verbindung liefert, so geht daraus hervor, daß bei dieser verschiedenen Wirkung der Verbindungen, außer der Menge des durch die Gläser gelassenen Lichts, noch besondere Formen des Drucks, welchen die Farben auf die Netzhaut ausüben, einen Antheil haben und den von der bloßen Mengenwirkung des Lichts abweichenden Erfolg veranlassen müssen. Man kann hiernach annehmen, daß, wie bei den Ergänzungsfarben durch einen raschen Wechsel gewisser Formen des auf die Netzhaut ausgeübten Drucks die Einheit des vollen Eindrucks des farblosen Lichts sich wiederherstellen läßt, ebenso auch dieselben Formen sich günstiger erweisen, durch ihre Verbindung, bei einem gewissen Verdunklungsgrad der angewendeten farbigen Mittel, eine völlige Null der Wirkung herbeizuführen, als es unter gleichen Umständen die Verbindung anderer Farben vermag.

Da wir die Erscheinung der Farben, wo wir die Entstehung derselben am Bestimmtesten verfolgen können, an die Wechselwirkung zweier Gattungen von Lichtwellen, und zwar eines stärkeren und schwächeren Lichts, gebunden sehen, so liegt die Vermuthung nahe, daß die Empfindung der Farben, wie dieselbe, was aus den Erscheinungen der Ergänzungsfarben anzunehmen ist, Theilwerthen des vollen Eindrucks des farblosen Lichts entspricht, ebenso auch durch getheilte oder verkümmerte Wellen des ursprünglichen farblosen Lichts veranlaßt werde, für welche die Gegeneinanderwirkung zweier Lichtwellensysteme ein ergiebiges Feld darbieten kann. Aber es fehlen uns bis jetzt noch die Mittel zu einer mathematischen Analyse dieser Wellenbrechung oder Wellenverkümmerung, weil einige Vorfragen, welche hierzu vorher erledigt sein müßten, noch nicht entschieden sind. Es ist bis jetzt weder ausgemacht, ob der Eindruck der Farbe durch Wellen oder Wellentheile von nur einer Gattung, oder durch ein Gemisch, eine Vereinigung von Wellen oder Wellentheilen verschiedener Gattung hervorgerufen wird, noch ist es festgestellt, welche Form überhaupt den Wellen des farblosen Lichts zukommt. Auch ist an die Möglichkeit zu denken, daß der Eindruck der Farben durch die wechselnde Folge schwächerer und stärkerer Lichtwellen unter verschiedenem gegenseitigen Verhältniß, was auch einem Bruchwerth des vollen Lichteindrucks gleichkommen würde, entstehen könnte.

Die neuere Physik nimmt zwar an, daß die Wellen des farblosen Lichts Kugelform haben, was aus den Erscheinungen der doppelbrechenden Körper, zu denen z. B. der Kalkspath gehört, gefolgert worden ist,[67]) doch kann diese Annahme noch keineswegs als eine erwiesene und feststehende gelten. Diese Annahme der neueren Physik, daß die Wellen des farblosen Lichts Kugelform haben, ist aber interessant genug, um einen Augenblick bei derselben zu verweilen. Da nämlich das farblose Licht nach den Newtonianern aus der parallel verlaufenden Colonne der sieben Farbenlichter bestehen soll, welche verschiedene, und zwar vom Roth zum Violet abnehmende Wellenlängen besitzen, so müßte die aus diesen Wellengliedern bestehende Colonne auf der Seite des Roth ihre größte Stärke haben, nach dem Violet zu aber spitz zulaufen. Es würde daher ganz unmöglich sein, daß sich aus der Wellenreihe, welche auf beiden Seiten eine ganz verschiedene Stärke besitzt, eine kugelförmige Gesammtwelle ergeben könnte, sondern diese könnte nur eine kegelförmige, einem dreieckigen Durchschnitt entsprechende Gestalt besitzen, deren Spitze seitwärts zu der Fortpflanzungsrichtung der Wellen stände. Solche Gedankensprünge verschlagen aber den Newtonianern nicht im Mindesten etwas. Während sie bisher das farblose Licht aus den sieben Farben entstehen ließen, treten sie bei der Erklärung der doppelbrechenden Körper urplötzlich mit der kugelförmigen Welle eines einheitlichen farblosen Lichts hervor, und nehmen ebenso an, daß bei den doppelbrechenden Körpern auf den doppelten Lichtbahnen derselben sich das farblose Licht in ungleicher Geschwindigkeit fortpflanze, während die letztere nach der Newton'schen Theorie kein farbloses Licht, sondern Farben, liefern müßte. Da haben wir wieder eine von jenen handgreiflichen Finten, bei denen man die Newtonianer auf jedem Schritte ertappen kann, weil sie die Annahme einer absoluten Ungereimtheit in einen Wirrwarr von Widersprüchen verstrickt hat, mit denen sie sich bei jedem Tritte selbst am Schopfe gefangen halten.

Es ist also das Gegentheil der Newton'schen Farbenlehre anzunehmen, daß das farblose Licht, und nicht die Farben, die ursprüngliche Einheit ausmachen, aus welcher die letzteren sich als Bruchwerthe ergeben. Da uns aber zur genauen Zergliederung der Entstehungsweise der Farben bis jetzt noch die Mittel

fehlen, so können wir uns vorläufig nur an den Erfolg derselben halten, d. h. an die Beschaffenheit des Reizes, welchen sie in der Netzhaut hervorbringen, der noch eine weitere Betrachtung verdient. Wir lassen es also einstweilen dahingestellt sein, welche Elemente, welche Wellen oder Wellentheile die Farben hervorbringen und beschäftigen uns für jetzt nur mit der Beschaffenheit des Druckes, welchen die Netzhaut durch die Farben erfährt.

Es würde bei dem Drucke, welchen die Netzhaut durch die Farben erhält, die Richtung derselben sowohl in die Tiefe, als in die Breite in Anschlag zu bringen sein. Sollte aber die Gesammtheit des Druckes der Berechnung unterstellt werden, so müßte das Product der nach beiden Richtungen geäußerten Kraft angegeben werden. Ein Gleichniß wird dieß besser anschaulich machen.

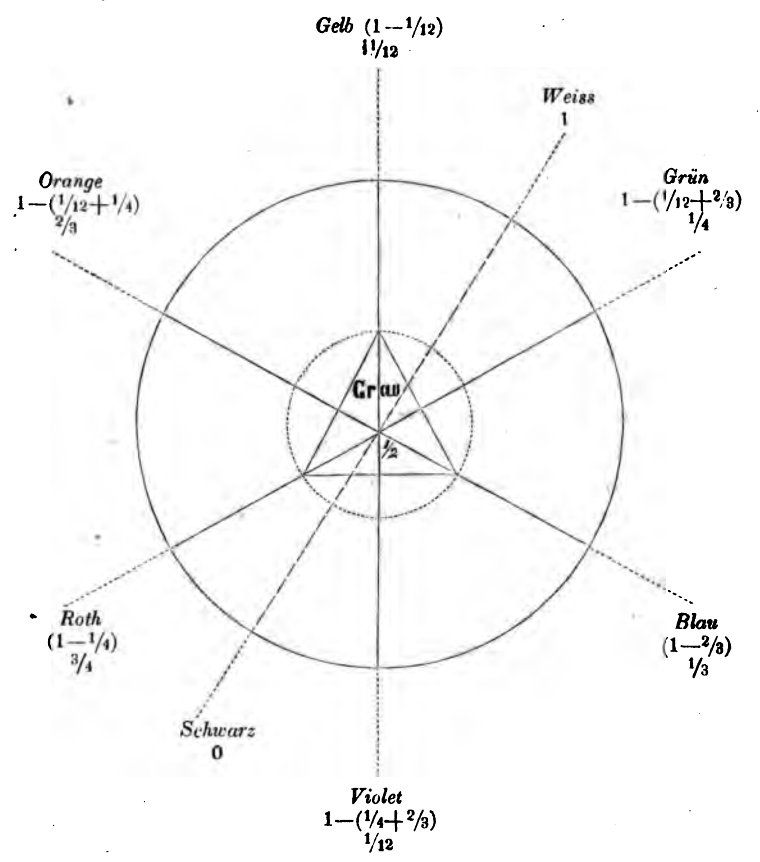
Gesetzt, zwei spitze Pfeile würden nach dem gleichen Ziele abgeschossen, von denen der eine das letztere ungehindert, der zweite aber erst nach einem Hinderniß erreichte. Der zweite Pfeil sollte z. B. durch ein vor dem Ziel aufgespanntes Stück derber Leinwand hindurchgehen, hierdurch die Hälfte seiner Kraft verlieren, und außerdem eine Umbiegung seiner Spitze erleiden. Wie würden sich nun die durch die beiden Pfeile verursachten Wunden verhalten? Wenn der erste Pfeil eine spitzige Oeffnung von etwa vier Zoll Tiefe machte, so würde der zweite, nur mit halber Kraft und mit umgebogener Spitze treffende Pfeil nur etwa einen Zoll tief eindringen, dafür aber eine breitere Wunde machen. Würden beide Wunden in ihrer Gesammtheit betrachtet, so müßte die letztere als eine halbe Wunde in Vergleich zur ersteren bezeichnet werden, während jedoch weitere Vergleichungen der Wunden nach der Richtung in die Tiefe oder Breite, nach ihrer Rundung, Regelmäßigkeit u. s. w. statthaben könnten. Aehnlich könnte es sich mit dem durch die Farben auf die Netzhaut ausgeübten Druck verhalten, sei es daß die demselben entsprechenden Zahlenwerthe auf die Gesammtheit des ausgeübten Druckes, oder auf besondere Richtungen und Beschaffenheiten derselben zu beziehen wären, wodurch mannigfach verschiedene Ordnungen der Farbenreihe bestimmt werden könnten.

Das von Schopenhauer aufgestellte Schema hat jedenfalls das Verdienst, den Grundsatz zur Geltung gebracht zu haben, den

man, wie aus den Erscheinungen der Ergänzungsfarben hervorgeht, als das wichtigste Gesetz für die Ordnung der Farben betrachten kann, daß ihre Werthe immer Halbirungen der Einheit, aber unter verschiedenen Verhältnissen, darstellen. Eben diese außerordentliche Einfachheit des Ordnungsprincips für die Farben sichert denselben ihre große Mannigfaltigkeit. Wie man einen Kreis 180mal durch Durchmesser in Hälften theilen kann, welche alle von einem in der Peripherie gegebenen Punkte einen verschiedenen Abstand haben, in ähnlicher Mannigfaltigkeit können sich die Abstufungen der Farben gestalten, während sie immer paarweise als die Durchschnittshälften der Einheit sich gegenüberstehen. Wie ein Violoncell mit seinen nur vier Saiten eine vielseitigere Modulation der Töne gestattet, als ein Klavier, auf welchem die Töne schon fertig gestimmt vorliegen, ebenso vermögen die drei Grundtöne der Farben, durch den weiten und nicht fertig begrenzten Spielraum für ihre Stimmung und Mischung, eine Mannigfaltigkeit hervorzubringen, in der sie, durch die vielseitige Abstufung der Schattirung und Mischung und durch die Feinheit der Uebergänge, das Reich der Töne ansehnlich überbieten möchten.

Die Sechszahl der Farben scheint auf eine Beziehung zu der natürlichen Theilung des Kreises durch den Halbmesser, dem Sextanten, hinzuweisen. Doch würde ich eine andere Stellung der Bruchwerthe der Farben zwischen den Endgliedern der Einheit und der Null, als sie von Schopenhauer aufgestellt ist, allein schon deßhalb für wahrscheinlich halten, weil die Zahlenwerthe, außer dem Verhältniß der Ergänzungsfarben, zugleich auch die Entstehung der Mischfarben vergegenwärtigen müssen. Hiernach würde die Theilung der Einheit in zwei völlig gleiche Hälften, welche Schopenhauer dem Roth und Grün zuweist, nicht als ein Werth der Farben gelten können, sondern als dem Eindruck des gedämpften weißen Lichts, des Grauen, entsprechend zu betrachten sein, wie bekanntlich auch die Durchschnittswirkung der versammelten sechs, oder Newton'schen sieben Farben das durch Göthe's Vers berühmt gewordene Mollweide'sche „graue" Weiß liefert. Zu dem Eindruck der Farben möchte ein größerer Abstand von der Einheit als die reine Verjüngung zur Hälfte, also eine Halbirung gehören, welche ungleiche Theile liefert.

Der Bereich der Zahlenwerthe für die Farben würde demnach in gewissen Abständen von der reinen Mitte und den beiden Endpunkten der Einheit und Null zu suchen sein. Legt man den derartig geordneten Farben die Theilzahlen der Zwölf zu Grunde, so erhält man durchweg einfache Brüche, welche, wenn die Zahlenwerthe zugleich der Bildung der Ergänzungsfarben und der Mischfarben entsprechen sollen, durch andere Brüche an Einfachheit nicht übertroffen werden können. Zur Veranschaulichung hierüber kann das folgende Schema dienen.



Die auf diesem Schema in der Richtung der Spitzen des innern Dreiecks liegenden Hauptfarben: Gelb, Roth und Blau, haben die Mischfarben: Orange, Grün, Violet, zwischen sich. Die Er=

gänzungsfarben stehen sich an den Durchmessern gegenüber. Die beiden Farben, welche sich sehr merklich als die weit von den übrigen Farben abstehenden Extreme der Farbenreihe hervorheben, Gelb und Violet stehen hier um einen halben Sextanten von den Endgliedern ab, das Blau um einen Sextanten von der reinen Hälfte. Das durch Roth und Grün gebildete Farbenpaar entspricht dem Gipfelpunkt der Farbenreihe, indem es von der reinen Hälfte, wie von den beiden Endpunkten gleich weit entfernt ist.

Selbstverständlich kann dieses Schema, da die Zahlenwerthe der Farben erst durch positive Versuche festgestellt werden können, auf keinen andern Werth Anspruch machen, als daß es die einfachsten Bruchwerthe, welche das gegenseitige Verhältniß der Farben, als Ergänzungs- und Mischfarben, zulassen würde, veranschaulicht. Wenn es vielleicht befremden könnte, daß die Mischfarben nicht, wie sie häufig aufgefaßt werden, als eine Uebergangsstufe zwischen ihren Grundfarben, sondern als eine tiefere Stufe in Vergleich zu den letzteren, aufgestellt sind, so ist hierzu zu bemerken, daß die Mischfarben allerdings dem Anschein des Colorits nach eine Art von Mittelstufe zwischen den Grundfarben bilden, daß sie jedoch, wenn nicht ein doppeltes, sondern nur ein und dasselbe Licht bei ihnen wirkt, immer eine gesättigtere, stärker verdunkelnde Farbe darstellen, als die Grundfarben, aus deren Vereinigung sie entstehen. Bildet z. B. ein gelbes und rothes Glas Orange, so würde, vorausgesetzt, daß dasselbe Licht wie bei den einzelnen dieser Gläser wirkt, das Orange in der Verdunklung nicht etwa eine Mittelstufe zwischen dem gelben und rothen Glase, sondern das Verdunklungsmaß beider Gläser zusammengenommen zeigen. Es muß also in diesem Falle das Hinderniß, welches die einzelne Farbe dem gleichbleibenden Licht entgegenstellt, addirt werden. Am deutlichsten kann man sich von diesem Verhalten der Mischfarben beim Violet überzeugen. Ein durch ein helles rothes und ein gesättigteres blaues Glas gewonnenes Violet (denn ohne diese Verschiedenheit des Verhältnisses der farbigen Gläser erhält man bei der Vereinigung derselben kein Violet, sondern Roth) wird es sogleich unzweifelhaft bekunden, daß die dadurch gegebene Beleuchtung nicht dem hellen Roth näher steht, sondern den Verdunklungsgrad beider Gläser zusammen

zeigt. Es scheint bei dem Eindruck der Mischfarben allerdings eine Art von Neutralisation stattzufinden, aber es ist dies eine Neutralisation, welche der Bildung der Salze aus Säure und Alkali vergleichbar ist, welche auch durch eine Addition der Atome, nicht durch eine Reduction derselben, zu Stande kommen. Es würden hiernach bei der Wirkung desselben Lichts die Mischfarben nicht anders zu berechnen sein, als durch die Addition des Hindernisses, welches jede ihrer Grundfarben der Einheit des Lichts entgegenstellt. Anders aber würde die Berechnung zu vollziehen sein, wenn bei der Mischung farbiger Beleuchtungen zugleich eine Wirkung verdoppelter Lichtmassen stattfindet. Wenn es daher auch nicht als unwahrscheinlich gelten kann, daß gewisse Zahlenwerthe der absoluten Reinheit der Farben entsprechen, so würde doch bei den Versuchen, durch welche man dieselbe zu ermitteln suchte, das Verhältniß des auf die zu untersuchenden Farben wirkenden Lichts, bei der Berechnung sehr sorgfältig zu beachten sein.

Man könnte glauben, daß der Eindruck der Stärke des Lichts mit der Größe der Wellen sich steigern müßte. Es ist aber keineswegs unwahrscheinlich, daß beim Licht das gerade Gegentheil der Fall ist, daß der Eindruck der Stärke mit der Vergrößerung der Wellen abnimmt und mit der Feinheit derselben sich steigert, woraus zu folgern wäre, daß der Stoß derselben ein mehr in die Tiefe, als die Breite, wirkender sein muß. Nicht also eine Reihe gethürmter Chimborassos, sondern ein dichter Streifen der feinsten, einer Nadelspitze entsprechenden Bälle, mögen sie von Kugelform sein oder nicht, würde als der richtige Vergleich für die Wellen des starken Lichts gelten können. Hiermit würde sich die Entstehung der Farben aus Bruchtheilen der Wellen, als eines gewissen Verlusts an dem vollen Eindruck des farblosen Lichts sehr wohl vertragen, indem den Farben eine geringere Wirkung in die Tiefe, dagegen ein verhältnißmäßig größerer Druck in die Breite zukommen könnte. Denken wir uns z. B. ein Schrotkorn halbirt, mit der platten Seite ins Fleisch geschleudert, so würde es, bei gleicher Kraft, weniger tief eindringen, als ein ganzes Schrotkorn, dafür aber eine verhältnißmäßig schmerzhaftere Wunde erregen. Aehnliche Unterschiede

des Druckes könnten auch die Bruchtheile elastischer Wellen veranlassen.

Die Gründe, welche dafür sprechen, daß der Eindruck des starken Lichts an die Feinheit und nicht an die Größe der Wellen gebunden ist, sind folgende. Wir verstärken den Eindruck des Lichts dadurch, daß wir möglichst viele Wellen in einen engen Raum, so zu sagen auf einen Punkt zusammendrängen. Wären die das Licht bedingenden Wellen groß, so würde es nicht allein schwierig sein, sie auf einen Punkt zusammenzudrängen, sondern der Eindruck des starken Lichts müßte auch durch eine solche Zusammendrängung der Wellen, welche ohne Verkleinerung derselben nicht denkbar ist, eine Schwächung erleiden. Es tritt aber das Gegentheil hiervon ein, daß je mehr die Zusammendrängung gesteigert ist, desto mehr auch der Eindruck des Lichts an Stärke gewinnt. Einen weitern Grund für die Abhängigkeit der Lichtstärke von der Feinheit der Wellen kann man aus dem Verhältniß entnehmen, in welchem Licht und Wärme zu einander stehen. Es ist hier nicht der Ort zur Entscheidung zu bringen, worin das Wesen der letzteren zu suchen ist, da es scheint, daß man zwischen der Anregung und der Empfindung der die Wärme veranlassenden Bewegung einen Unterschied machen muß. Dieselben Sonnenstrahlen, welche in der Nähe der Erde eine bedeutende Wärme wahrnehmen lassen, lassen in den der Erde entfernteren Luftregionen eine starke Kälte bestehen, woraus vermuthet werden könnte, daß bei der Wahrnehmung der Wärme eine gewisse Rückwirkung von den festen Körpern zu der Bewegung hinzutritt, durch welche sie ursprünglich verursacht wird. Dieses Thema haben wir jedoch hier nicht weiter zu verfolgen, da für uns zunächst nur der Umstand von Bedeutung ist, daß, wie die Erfahrung lehrt, Uebergänge von der Wärme- zur Lichtentwicklung stattfinden, dergestalt, daß bei einer langsameren Bewegung mancher Körper nur Wärme, bei einer gesteigerten Bewegung derselben Licht, und bei einer noch mehr gesteigerten Bewegung ein stärkeres Licht erzeugt wird. In den letzteren Fällen muß sich mit der Beschleunigung der Bewegung und der dadurch bewirkten rascheren Folge der Wellen auch die Feinheit derselben steigern, während die langsamere, nur Wärme erzeugende Bewegung weniger feine Wellen veranlassen muß. Hinge nun die Stärke des

Lichts von der Größe dieser Wellen ab, welche eine Uebergangsfähigkeit in einander zeigen, so müßten die Wärmewellen für diesen Eindruck mehr günstig erscheinen, als die feineren Wellen der beschleunigten Bewegung, während die Wirklichkeit das Gegentheil zeigt. Endlich ließen sich zu diesen Gründen vielleicht auch noch die Erscheinungen zählen, welche man mit dem Namen der Polarisation des Lichts bezeichnet hat.

Indem wir zu dem in der neueren Physik mit besonderer Vorliebe behandelten Kapitel der Lichtpolarisation gelangen, muß ich zuförderst bemerken, daß man bei der Darstellung dieses Themas, so viel man darüber vergleichen mag, in den physikalischen Lehrbüchern überall denselben Mangel an Klarheit wiederfindet. Das letztere ist jedoch zu sehr ein Gemeingut, welches dem ganzen Abschnitt über Licht und Farben in diesen Werken zukommt, als daß die Wiederholung dieser Eigenthümlichkeit in dem Kapitel der Lichtpolarisation besonders befremden könnte. Dieser Umstand kann uns jedoch nicht abhalten, einen Blick auf die mit dem Namen der Polarisation bezeichneten Erscheinungen des Lichts zu werfen, wenn wir auch die bisher von der Physik über dieselben gegebene Erklärung als ausreichend nicht betrachten können.

Malus entdeckte im Jahr 1811 die Eigenschaft des Lichts, welcher man den Namen Polarisation gegeben hat, dadurch, daß er das spiegelnde Licht einer von der Sonne beschienenen Fensterscheibe, durch einen Krystall betrachtet, in verschiedenen Stellungen des letztern abnehmen und ganz verschwinden sah.[68]) Die Eigenschaft dieses Verhalten des Lichts zu zeigen, ist besonders den Turmalinkrystallen eigen. Der Unterschied gewöhnlichen und polarisirten Lichts zeigt sich daran, daß das erste durch einen Spiegel immer reflectirt wird, das letztere in gewissen Stellungen des Spiegels nicht reflectirt wird. Die Physik erklärt dies dadurch, daß die Schwingungen der Wellen des ersteren Lichts nach allen Richtungen, welche senkrecht auf den Strom der Wellen stehen, die des letzteren dagegen nur in einer Ebene stattfinden, und zwar soll diese Schwingungsebene des polarisirten Lichts, wenn dasselbe durch Spiegelung veranlaßt wird, mit der Fläche des Spiegels parallel sein, wobei es freilich nicht abzusehen ist, wie eine Fortpflanzung dieser gespiegelten Wellen möglich wird,

wenn alle ihre Schwingungen nur in einer der spiegelnden Fläche parallelen Richtung stattfinden. Die Polarisation soll sowohl durch Spiegelung, als durch Brechung des Lichts veranlaßt werden, durch Brechung z. B. beim Durchgange des Lichts durch mehrere Glasplatten, wobei die Schwingungsebene in die Richtung der Brechung fällt, durch Spiegelung bei fast allen Körpern, mit Ausnahme der Metalle, so aber, daß die vollständige Polarisation bei der Spiegelung unter dem Winkel erfolgt, welcher, nach den Beobachtungen von Brewster, rechtwinklig auf dem Brechungswinkel der Substanzen steht. Dieser sogenannte Polarisationswinkel ist für Glas 35° 25′. Man unterscheidet hiernach eine vollständige und eine theilweise Polarisation, je nachdem das Auffallen der gespiegelten Strahlen diesem nach den Substanzen verschiedenen Polarisationswinkel mehr oder weniger entspricht.[69])

Man bedient sich in den physikalischen Lehrbüchern zur Veranschaulichung dieses Verhaltens der Lichtwellen des Vergleichs mit Stäben oder Stecknadeln, welche lothrecht gerichtet, durch mehrere wagerecht stehende Gitter oder Siebe ungehindert hindurchfallen können, dagegen auf die letzteren auffallen müssen, wenn man diese in schiefe Richtung gegen die erstere Lage neigt.[70]) Dieser Vergleich ist in so fern nicht gut gewählt, weil man daraus leicht den Schluß auf die Annahme einer elliptischen Gestalt der Lichtwellen ziehen könnte, während die Physik die Kugelform derselben annimmt. Hiernach würde ein Vergleich mit Linsen richtiger erscheinen, welche, auf der hohen Kante stehend, enge Schlitze passiren können, dagegen mit der breiten Fläche auf denselben liegen bleiben werden, wobei die Richtung der hohen Kante der Linsen mit der Schwingungsebene des polarisirten Lichts zu vergleichen wäre. Wir lassen es dahingestellt sein, ob diese Schwingungsunterschiede der Lichtwellen so vorhanden sind, wie sie die Physik annimmt, wonach das polarisirte Licht einem Dolch vergleichbar sein würde, dessen Stoß nicht senkrecht, sondern schief trifft. Wir wollen hier nur das allgemeine Resultat festhalten, daß irgend eine Verschiebung, eine Abweichung in der Schwingung der Lichtwellen vorhanden sein könne, wodurch ihre gewöhnliche Wirkung bis zum völligen Verschwinden derselben eine Verringerung erleiden kann. Es ließe sich aus diesen Erscheinungen gleichfalls eine Bestätigung dafür ableiten, daß die schwingende

Spitze der Wellen für den Eindruck des Lichts von entscheidenderem Einfluß ist, als die Masse derselben.

Wenn durchsichtige Stoffe dem Einfluß eines Polarisationsapparats unterworfen werden, welcher im Wesentlichen aus zwei in doppelt verschiedener Richtung gegen einander geneigten Spiegeln besteht, deren Begegnungsstrahlen auf den zu beobachtenden Stoff wirken, wobei also die durch die Schwingungsbeschränkung verringerte Wirkung der Lichtwellen künstlich vervielfacht wird, so zeigen sie in ihrem Innern Farbenerscheinungen, welche für besonders wunderbar gehalten worden sind. Dove sagt in dieser Beziehung:[71]) „Oder erstreckt sich etwa „„die Gründlichkeit der Göthe'schen Beleuchtung dieser Finsterniß im Licht"" auch auf die entoptischen Farben, von denen gesagt wird, daß man bei ihrem Anblicke vor lauter Schauen und Bewundern garnicht zum Theoretesiren komme?" Diese unter dem Einfluß eines Polarisationsapparats auftretenden entoptischen Farben sind indessen um nichts wunderbarer, als die Farben des Prismas. Wenn man durch die Begegnungsstrahlen zweier in doppelt verschiedener Richtung gegen einander gestellten Spiegel ein vollständiges Netzwerk von Schatten oder verschieden starken Lichtwellen schon fertig auf die Structurflächen der jenen Begegnungsstrahlen ausgesetzten Stoffe hinwirft, wie kann man sich darüber wundern, daß dieses Maschenwerk, in Collision mit den innern Flächen der Stoffe gebracht, eine Lagerung von Farben in bestimmten Richtungen zu jenen Flächen hervorbringt? Da wir das Erscheinen der Farben an das Vorhandensein schwächerer Lichtwellen gebunden fanden, so zeigen sich in diesem Maschenwerk der gegeneinanderströmenden schwächeren Wellen auch hier die gleichen Bedingungen, wie beim Prisma, wirksam, nur in einer vervielfältigten und mehrfach verschlungenen Form. Die im Polarisationsapparat auftretenden entoptischen Farben geben daher mehr Zeugniß von der wunderbar mannigfaltigen Structur der Stoffe, als sie neue Wunder für die farbenerzeugenden Eigenschaften des Lichts darbieten. Sie können in dieser Beziehung als ein schätzenswerthes Hülfsmittel für die Erkenntniß der Structur der Körper gelten, für welche, wie überhaupt die Lichtwellen das feinste Reagens für dieselben ausmachen, der Polarisationsapparat den Dienst eines durch Vervielfältigung noch verfeinerten Reagens leisten

kann. Wie ein vielfach aufgewundener Draht, ein sogenannter Multiplicator, die Elektricität leichter anzeigt, als ein Draht ohne jene mehrfach wiederholte Windung, so muß auch die Prüfung der Structur feiner ausfallen, wenn man derselben ein vielfach verschlungenes Netz von Schatten oder verschieden abgestuften Lichtwellen entgegenwirft, als wenn man bloß gewöhnliches Licht, ohne solche verschlungene Maschen, auf dieselben wirken läßt. Jedenfalls ist aber der Name der Polarisation für diese Erscheinungen kein gut gewählter, da dieselben mit einer auf inneren Ursachen beruhenden polaren Thätigkeit des Lichts nichts zu schaffen haben, sondern sich von einer mechanischen Einwirkung der Stoffe abhängig erweisen. Man würde daher das mit dem pomphaften Namen: polarisirt, bezeichnete Licht, der Erklärung der Physik gemäß, richtiger als ein beschränkt schwingendes haben benennen können.

Wenngleich etwas Bestimmtes über die Form des Druckes, welchen die Farben auf die Netzhaut ausüben, bis jetzt noch nicht angegeben werden kann, so lassen sich doch einige Andeutungen hierüber aus der physiologischen Wirkung der Farben entnehmen. Daß der Vergleich der Lichtwirkung mit den durch Pfeile verursachten Wunden nicht unpassend ist, könnte damit begründet werden, daß starkes Licht und grelle Farben eine dem Schmerze gleiche Empfindung hervorbringen. Wir bezeichnen solche stark blendenden Eindrücke geradezu als stechend, und beschützen in einem solchen Falle das Auge durch die vorgehaltene Hand, wie wir einen auf uns gerichteten Pfeil mit der Hand abzuwehren trachten. Die farbige Beleuchtung ist aber, wofern die Färbung mit einiger Kraft auftritt, für das Auge sehr viel mehr angreifend, als das farblose Licht, wovon man sich bei dem Durchsehen durch farbige Gläser leicht überführen kann. Wir sind demnach für das Licht der farbigen Sterne nicht geschaffen und würden wahrscheinlich unter dem Einfluß derselben bald erblinden, deren Bewohner jedenfalls stärker organisirte Augen, als wir, besitzen müssen.

Daß die durch farbige Beleuchtung herbeigeführte Reizung der Augen nicht allein aus dem Verdunklungsgrad der Farben zu erklären ist, wenngleich die dadurch veranlaßte größere Anstrengung der Augen ihren Antheil daran haben mag, geht daraus hervor, daß der reizende Einfluß der Farben nicht ausschließlich

in gleichem Verhältniß mit dem zunehmenden Verdunklungsgrad derselben sich steigert, sondern eine besondere Reihenfolge für sich nach der Beschaffenheit der Farben einhält. Gelb und Roth wirken mehr reizend, als Blau, welches in dieser Hinsicht als die mildeste von allen Farben gelten kann, während das Roth an reizender Wirkung alle übrigen Farben überbietet. Die Augenärzte sind längst davon zurückgekommen, eine grüne Beleuchtung für die den Augen wohlthuendste zu halten. Man wendet für schwache Augen jetzt leicht blau gefärbte Gläser an, und beschattet kranke Augen mit blauen Stoffen. Dieß ist die einzige Färbung, welche ein negatives Verhalten im Vergleich zum farblosen Licht zeigt und welche dadurch auf ein schwaches Auge milder, als das letztere, wirken kann. Alle übrigen Färbungen reizen das Auge mehr, als das farblose Licht, am Meisten von allen das Roth. Man könnte hieraus vermuthen, daß die blaue Farbe von allen Farben die sanfteste Form des Drucks ausübe, während den übrigen Farben eine gegen den Druck des farblosen Lichts, dessen kräftigere Wirkung, wie oben angeführt wurde, in die Tiefe wahrscheinlich ist, ausgeweitete Form, und der rothen Farbe das stärkste Maß dieser Ausweitung, zuzusprechen sein würde.

Wie es Menschen giebt, welche nicht die Spur eines musikalischen Gehörs besitzen, welche nur Geräusche und Klänge, aber keine Töne, keine Schwingungszahlen der Schallwellen, zu unterscheiden verstehen, ebenso giebt es Menschen, welche nur einen Eindruck des Lichts nach der Menge, aber nicht nach der Form des Druckes, also keine Farben, unterscheiden können. Solche Menschen sehen Alles, was den Andern farbig erscheint, nur in Schattirungen des Weiß und Grau, in Aquatinta-Manier. Andere giebt es, deren Farbensinn unvollständig ist, welche nur einige Farben wahrnehmen, andere dagegen, und darunter bisweilen die auffallendsten Gegensätze, wie Roth und Grün, Gelb und Blau, nicht unterscheiden können. Der feine Tact, welcher zu einer richtigen Wahl und Zusammenstellung der Farben gehört, ist nicht der Majorität des Menschengeschlechts eigen, sondern wird nur bei einer glücklicher begabten Minorität und den künstlerisch Gebildeten gefunden, und die Gesetze für die richtige Zusammenstellung der Farben und die sinnreiche und einnehmende Darstellung der Gemälde möchte schwieriger festzustellen

sein, als die Regeln des Generalbasses. Die Natur ruft in der so vielfach wiederholten Entfaltung der Regenbogenfarben gleichsam spielend dieselbe einfache Charade über die Geburt der Farben immer aufs Neue aus. Und doch hat es so viel Mühe gekostet der Lösung dieser Charade nur einigermaßen näher zu treten. Das naive Spiel dieses reihenförmig entfalteten Doppelkleeblatts ist für den Sinn des Auges ungefähr das, was die Melodie des Kukuksrufs für das Reich der Töne ist. Wie eine gute Composition keine Hinneigung zu einer dieser Melodie verwandten Eintönigkeit zeigen darf, ebenso wird sich ein geschickter Maler vor Zustammenstellungen in der Ordnung der Regenbogenfarben zu hüten wissen.

Das Erscheinen der gelben und rothen Farbe bei der leichten Trübung eines starken Lichts, das der blauen Farbe bei dem vorherrschenden Einfluß eines dunklen Grundes auf eine weniger starke Beleuchtung, ließe wohl eine Erklärung des Farbeneindrucks durch die wechselnde Folge schwächerer und stärkerer Lichtwellen zu. Ein entscheidender Beweis für diese Entstehungsweise des Farbeneindrucks wird dadurch aber keineswegs geliefert, weil dieselben Verhältnisse möglicher Weise auch nur für eine dieser Gattungen der Lichtwellen die begünstigenden Umstände für die den Farben eigenthümliche Form ihres Drucks auf die Netzhaut darbieten können. Die Wellen des stärkeren Lichts, welche nur ein leichtes Hinderniß zu überwinden haben, werden begreiflicher Weise auch eine verhältnißmäßig geringere Veränderung ihrer ursprünglichen Form erleiden und also eher zu dem, dem vollen Licht näher stehenden Eindruck der lichten Farben des Gelb und Roth Anlaß geben müssen, als zu dem Eindruck des Blau, welcher von dem des vollen Lichts weiter absteht. Umgekehrt werden die schwachen Wellen eines dunklen Grundes, welche an und für sich nur einen sanfteren Druck ausüben können, eine weitere Dämpfung erleiden müssen, wenn sie durch die stärkeren Wellen eines näheren Lichts hindurchtreten. Es könnte daher sehr wohl den schwachen Wellen des dunklen Grundes für sich die Form des Druckes zukommen, wie sie der blauen Farbe eigen ist, ohne daß deßhalb der Eindruck der letzteren aus einer wechselnden Folge der stärkeren und schwächeren Wellen, Welle um Welle, hervorgehen müßte.

Ebenso wenig leicht möchte es zu entscheiden sein, ob die prismatischen Farben, wenn deren Entstehung aus der Wirkung zweier Wellengattungen auch feststeht, nur an den schwächeren Nebenschattenwellen, oder an den Wellen des stärkeren Lichts zur Erscheinung kommen, oder ob die eine Farbenreihe durch die letzteren, die andere durch die ersteren hervorgebracht wird, oder ob beide Wellengattungen zusammen den Eindruck der Farbe machen, ob endlich die farbige Schicht nicht eine Mischung mit farblosen Wellen enthält. Die letztere Annahme möchte deßhalb nicht ohne Weiteres zurückzuweisen sein, weil der Glanz der prismatischen Farben zusehends mit der Stärke des wirkenden Lichts sich steigert, was besonders bei der subjectiven Betrachtung von Flammen in der Dunkelheit auffallend hervortritt. Man erhält hierdurch den Eindruck, daß der Glanz dieser Farben nur durch den verstärkten Antheil der farblosen Beleuchtung herbeigeführt wird und seine Ursache nicht in dem eigentlichen farbigen Grunde selbst hat.

Stellt man sich vor, daß an beiden Ufern eines Stromes eine Reihe leichter Kähne liege, an denen hart vorüber zwei große Segelschiffe den Strom herabfahren, welche beide mit ihren Vordertheilen derselben Seite des Stromes zugewendet sind, so würde, bei einer Collision mit diesen Schiffen, die Reihe der Kähne, auf welche das Vordertheil der Segelschiffe gewendet ist, einen stärkeren Stoß erhalten, als die andere Reihe, welche nur von dem Hintertheil des großen Schiffes berührt werden kann. Kämen bei dieser Collision die großen Schiffe auch nicht ohne Beschädigung fort, so würde diese bei dem einen am Vordertheil, bei den andern am Steuerende eintreten. Vergleichen wir die kleinen Kähne und die großen Schiffe mit den Nebenschattenwellen und den Wellen des stärkeren Lichts, durch deren Wechselwirkung erwiesener Maßen die prismatischen Farben zu Stande kommen, so bleibt die Frage, welche von diesen Wellengattungen die eigentlichen Träger der Farben bilden, ob beide zugleich, oder nur eine, und welche dann?

Dem sei indessen, wie ihm wolle, so darf man jedenfalls nicht außer Acht lassen, daß das prismatische Spectrum einen vielfach verschobenen und gemischten Lichtkörper enthält, welcher keine reinen, sondern ungleichförmig gedeckte und gemengte Farben

darbietet. Deßhalb kann das prismatische Spectrum zu reinen Beobachtungen über die Wirkung der Farben nicht geeignet erscheinen. Wie will man z. B. bei den Versuchen, wie sie mit dem Thermometer im prismatischen Spectrum gemacht worden sind, entscheiden, was von der beobachteten Wirkung der einen Farbe oder der Beimischung einer andern Farbe, oder dem Antheil der Schatten, oder dem des farblosen Lichts zukommt? Zu Beobachtungen über die Wirkungen der Farben würden deßhalb gute farbige Gläser, d. h. solche, welche als Repräsentanten einer reinen Farbe gelten könnten, mehr zu empfehlen sein. Ueber die Reinheit dieser Farben müßte man sich freilich durch eine etwas genauere Probe Bürgschaft verschaffen, als die Newton'sche Homogenität, die Fähigkeit, andere Farben zu unterdrücken, darstellt, bei welcher das starke Auftragen den Ausschlag giebt. Es käme in solchem Falle darauf an, eine Reihe von farbigen Gläsern aufzustellen, welche die natürlichen Verhältnisse der Farben zu einander wiedergiebt. Zu einer Probe hierüber würde es vor allen Dingen erforderlich sein, nicht fertige gemischte Farben anzuwenden, sondern dieselben erst aus der Vereinigung der Gläser zu gewinnen, was weniger leicht ist, als man es sich denken möchte. Wenn dann das aus dem Gelb und Roth gewonnene Orange mit dem Blau, in eine Drehscheibe eingefügt, wieder Weiß giebt, wie dasselbe Roth mit dem aus demselben Gelb und Blau gewonnenen Grün, und gleichfalls das aus demselben Roth und Blau gewonnene Violet mit demselben Gelb in der Drehscheibe Weiß liefert, dann könnte man annehmen, eine Reihe von Farben ausgeprobt zu haben, welche der natürlichen Ordnung derselben entsprechen, und daher mehr Aussicht, als die prismatischen Farben, zu reinen Beobachtungen geben würden.

Da alle wissenschaftliche Genauigkeit erst mit dem Messen beginnt, so würde zuerst auf die Herstellung eines dem Thermometer entsprechenden Lichtmessers Bedacht zu nehmen sein, der sicherere und feinere Beobachtungen zuließe, als die von Bunsen und Rumford angegebenen Photometer,[72]) welche für solche Zwecke ganz unzulänglich sind. Der Polarisationsapparat könnte aber ebenso wenig, wie die letzteren, die Stelle eines genügenden Lichtmessers vertreten, da seine Wirkung hauptsächlich in einer vervielfältigten Schwächung der Lichtwellen beruht. Erst mit der

Hülfe eines derartigen, für die feinsten Untersuchungen ausreichenden Lichtmessers würde es möglich sein genaue Vergleichungen über die Druckkraft der Farben anzustellen und aus diesen Aufschlüsse über die denselben zukommenden Zahlenwerthe zu gewinnen, welche eine festere Grundlage haben würden, als jene von der Physik, in Widerspruch mit der Logik und Mathematik aufgestellten Pseudo-Wellenlängen der Farben, welche keinerlei Wahrheit enthalten, als die eine, daß es auch den Physikern möglich ist, sich in recht arge Rechenfehler zu verstricken.

Nachdem wir in diesem Abschnitt gezeigt haben, daß es nicht allein mit diesen berühmten Wellenlängen nichts ist, sondern daß überhaupt die von der Physik angenommene Empfindung der Farben nach verschiedenen Zahlen ihrer Wellenschwingungen in einer bestimmten Zeitfrist eine physiologische Unmöglichkeit ausmacht, möchte es, bei den handgreiflichen mathematischen Verstößen und fehlerhaften Rechnungen, welche sich in der Farbenlehre, auch der neuesten Physik, unbeanstandet verschleppt finden, um die selbstgefällig geträumte Höhe dieses Zweiges der Physik nicht glänzend bestellt sein. Vielmehr wird man, wenn man aufrichtig sein will, sich nicht verhehlen können, daß sich diese Lehre noch vollständig im Stadium der Kindheit befindet. Mit kindlicher Freude ist man, was schon Castel gerügt hat, dem auffallend Bunten nachgegangen, dem prismatischen Spectrum und den „Wundern der entoptischen Farben," und ist nicht dazu gekommen, die Anfänge der Erscheinungen zu verfolgen, welche weniger auffallend, dafür aber desto wichtiger sind. Man hat sich dem süßen Wahn hingegeben, daß man die Farben, wie an ausgespreizten Fingern, nur nach ihrer Richtung im Spectrum abzuzählen und zu messen brauchte, um das Räthsel derselben gelöst vor sich haben, welches, wie wir gesehen haben, denn doch so leicht und bequem nicht abgemacht ist, sondern die Berücksichtigung gar mancher Fragen erheischt, welche freilich der Physik nicht als ein Bedürfniß erschienen sind.

So ist es, in Folge der Verschleppung der Newton'schen Theorie, welche eine bloße Hypothese und noch dazu eine gänzlich verfehlte ausmacht, gekommen, daß eine auch nur annähernde, auf thatsächliche Beobachtungen gestützte Erklärung davon, worin das Wesen der Farben besteht, bis jetzt in der Physik noch ganz

fehlt. Der Abschnitt der Farbenlehre bedarf deßhalb daselbst einer gänzlichen Umarbeitung von Anfang bis zu Ende, eine Mühe, welche freilich für die Herausgabe von Lehrbüchern nicht immer bequem ist, deren Unterlassung aber jedenfalls die Physiker kenntlich machen wird, denen das Fortschwatzen einer Ungereimtheit leichter wird, als ein neues Stück Arbeit.

Den „Standpunkt äußerlicher Wahrnehmung, wo eben von Theorie noch keine Rede ist,“ kann man zwar vorzugsweise auf die Farbenlehre der neueren Physik nicht anwenden, insofern sie einerseits nur Theorie, und zwar eine falsche enthält, der es an der Stütze äußerlicher Wahrnehmungen, d. h. richtiger, durchaus gebricht. Andrerseits ist aber neben diesen theoretischen Wirren ein Wust von Beobachtungen aufgeschichtet, der allerdings das Gepräge einer sehr „äußerlichen,“ d. h. oberflächlichen Wahrnehmung, der bloß handwerksmäßigen Routine an sich trägt, welche sich gewisse Regeln der Technik absieht, ohne die innern Gründe derselben zu verstehen. So bildet die Farbenlehre der neueren Physik, von deren Vollkommenheit man geträumt hat, ein ziemlich buntscheckiges Gewebe von Hypothesen und solchen „äußerlichen,“ ungesichteten Beobachtungen, welche des Genies harren, das, durch die Ausscheidung ihres geistigen Kerns, sie erst zu einer genießbaren Frucht machen wird.

Der Wust vermehrt sich natürlich behender als der Kern der Wahrheit, da es an neuen Künsten Jeder dem Andern zuvorthun muß und dieses Zuvorthun zunächst viel wichtiger ist, als die Frage, was die Menschheit von den neuen Künsten hat. Denn von der Wissenschaft spricht man, und das Brod oder das liebe Ich meint man. Das Furoremachen oder Carrieremachen ist daher gewöhnlich, selten das Suchen der Wahrheit die Hauptsache, und selbst wo sie gesucht wird, ist auch nicht immer Geist genug da, sie zu finden. Diese Umstände würden wir jedoch mit Unrecht der Physik ausschließlich entgelten lassen, da dieselben auf alle übrigen Wissenschaften anwendbar sind, in denen es von jeher nicht anders gewesen ist und wahrscheinlich nie anders sein wird, als daß höchstens alle paar hundert Jahre ein Genie kommt, welches, durch eine umfassende Sichtung, aus dem von den Dutzendmännern aufgethürmten Wust erst das genießbare Korn herausdrischt.

Zur Vergleichung der in diesem Abschnitt dargelegten Resultate scheint es mir nicht überflüssig, den Lesern die beachtenswerthen Bemerkungen Schopenhauers vorzuführen, die er am Schluß seiner Schrift: Ueber das Sehen, beigefügt hat,[73]) wo er sich folgendermaßen äußert:

„Göthe's Farbenlehre hat eine nicht nur kalte, sondern entschieden ungünstige Aufnahme gefunden; ja sie ist (credite posteri!) gleich Anfangs förmlich durchgefallen, indem sie öffentlich, von allen Seiten und ohne eigentliche Opposition, das einstimmige Verdammungsurtheil der Leute vom Fach erfahren hat, auf deren Autorität das übrige gebildete Publikum, schon durch Bequemlichkeit und Gleichgültigkeit hierzu prädisponirt, sich der eigenen Prüfung sehr gern entübrigt; daher auch jetzt, nach 44 Jahren, es dabei sein Bewenden hat. So theilt denn dieses Werk Göthe's mit manchen aus früheren Zeiten, denen ihr Gegenstand, nicht dessen Behandlung, höheren Rang giebt, die Ehre, nach seinem Auftreten viele Jahre hindurch fast unberührt gelegen zu haben; und noch am heutigen Tage ertönt Newton's Theorie ungestört von allen Kathedern und wird in den Kompendien nach wie vor angestimmt."

„Um dieses Schicksal der Göthe'schen Farbenlehre zu begreifen, darf man nicht außer Acht lassen, wie groß und verderblich der Einfluß ist, den auf die Wissenschaften, ja auf alle geistige Leistungen, der Wille ausübt, d. h. die Neigungen, und noch eigentlicher zu reden, die schlechten, niedrigen Neigungen. In Deutschland, als dem Vaterlande jener wissenschaftlichen Leistung Göthe's, ist ihr Schicksal am unverzeihlichsten. Den Engländern hat der Maler und Gallerie-Inspector Castlake, im Jahre 1840, eine so höchst vortreffliche Uebersetzung der Farbenlehre Göthe's geliefert, daß sie das Original vollkommen wiedergiebt und dabei sich leichter liest, ja, leichter zu verstehn ist, als dieses. Da muß man sehn, wie Brewster, der sie in der Edinburgh' review recensirt, sich dazu gebärdet, nämlich ungefähr so, wie eine Tiegerin, in deren Höhle man dringt, ihr die Jungen zu entreißen. Ist etwan dies der Ton der ruhigen und sichern bessern Ueberzeugung, dem Irrthum eines großen Mannes gegenüber? Es ist vielmehr der Ton des intellectuellen schlechten Gewissens, welches, mit Schrecken, das Recht auf der andern

Seite spürt und nun entschlossen ist, die ohne Prüfung gedankenlos angenommene Scheinwissenschaft, durch deren Festhalten man sich bereits kompromittirt hat, jetzt als Nationaleigenthum πυξ και λαξ zu vertheidigen. Wird nun also, bei den Engländern, die Newtonische Farbenlehre als Nationalsache genommen; so wäre eine gute französische Uebersetzung des Göthe'schen Werkes höchst wünschenswerth: denn von der französischen Gelehrtenwelt, als einer insofern neutralen, wäre noch am Ersten Gerechtigkeit zu hoffen. Jedoch sehn wir auch sie durch ihre ganz auf der Homogenenlichtertheorie basirten Lehren von den Aethervibrationen, von der Diffraction, Interferenz u. s. w., in dieser Sache tief kompromittirt; daher denn auch von ihrer Lehnspflichtigkeit gegen die Newtonische Farbenlehre belustigende Proben vorkommen. So z. B. erzählt im Journal des savans, April 1836, Biot mit Herzensbeifall, wie Arago gar pfiffige Experimente angestellt habe, um zu ermitteln, ob nicht etwa die 7 homogenen Lichter eine ungleiche Schnelligkeit der Fortpflanzung hätten; so daß von den veränderlichen Fixsternen, die bald näher bald ferner stehn, etwa das rothe, oder das violette Licht zuerst anlangte und daher der Stern successiv verschieden gefärbt erschiene: er hätte aber am Ende glücklich herausgebracht, daß dem doch nicht so sei. Sancta simplicitas!" — —

— „Specielle Erwähnung verdient hier noch das große, zweibändige Kompendium der Physik (élémens de physique) von Pouillet, welches, auf Anordnung der Regierung, dem öffentlichen Unterricht in Frankreich zum Grunde gelegt wird. Da finden wir (Liv. VI. P. l. ch. 3) auf 20 großen Seiten die ganze Newtonische geoffenbarte Farbenlehre vorgetragen, mit der Sicherheit und Dreistigkeit, als wäre es ein Evangelium, und mit sämmtlichen Newtonischen Taschenspielerstückchen, nebst ihren Kautelen und Hinterlisten. Wer mit dem wahren Thatbestande und Zusammenhange der Sachen vertraut ist, wird dieses Kapitel nicht ohne große, wenn auch bisweilen durch Lachen unterbrochene, Indignation lesen, indem er sieht, wie das Falsche und Absurde der heranwachsenden Generation von Neuem aufgebunden wird, unter gänzlicher Verschweigung der Widerlegung, — eine kolossale ignoratio elenchi! — Das Empörendste ist die Sorgfalt, mit der die bloß auf Täuschung berechneten und sonst völlig

unmotivirten Nebenumstände beigebracht werden, worunter auch einige von späterer Erfindung sind: denn dies verräth die fortdauernde Absichtlichkeit des Betruges. Z. E. §. 392, Nr. 3 (édit. de Paris 1847) wird ein Versuch beschrieben, der darthun soll, daß durch Vereinigung der sieben angeblichen prismatischen Farben Weiß hergestellt werde: da wird nun eine pappene Scheibe, von 1 Fuß Durchmesser, mit zwei schwarzen Zonen bemalt, die eine rings um die Peripherie, die andere rings um das Centralloch: zwischen beiden Zonen werden, in der Richtung der Radien, die mit den sieben prismatischen Farben tingirten Papierstreifen, in vielmaliger Wiederholung, aufgeklebt, und jetzt wird die Scheibe in schnelle Wirbelung versetzt, wodurch nunmehr die Farbenzone weiß erscheinen soll. Von den beiden schwarzen Zonen aber wird mit keiner Silbe Rechenschaft gegeben, ist auch keine möglich, da sie ganz zweckwidriger Weise die Farbenzone, welche allein zur Sache gehört, schmälern. Wozu also sind sie da? — Das würde Göthe euch sogleich sagen; in dessen Ermangelung nunmehr ich es muß: damit der Kontrast und die physiologische Nachwirkung des Schwarzen das durch jene Farbenmischung allein hervorgebrachte „niederträchtige Grau" so hervorhebe, daß es für Weiß gelten könne. Mit solchen Taschenspielerstreichen also wird die französische studierende Jugend düpirt, in majorem Neutoni gloriam. Denn schon vor der erklecklichen Verbesserung durch die zwei schwarzen Zonen, als welche neuere Erfindung ist, hat Göthe dieses Stückchen folgendermaßen besungen:"

> Newtonisch Weiß den Kindern vorzuzeigen,
> Die pädagogischem Ernst sogleich sich neigen,
> Trat einst ein Lehrer auf, mit Schwungrads Possen,
> Auf selbem war ein Farbenkreis geschlossen.
> Das dorlte nun. „Betracht' es mir genau!
> Was siehst du, Knabe?" Nun, was seh' ich? Grau?
> „Du siehst nicht recht! Glaubst du, daß ich das leide!
> Weiß, dummer Junge, Weiß! so sagt's Mollweide."

— „Uebrigens hat man sich nicht bloß vor der Theorie dieser modernen Newtonischen Chromatologen zu hüten, sondern wird wohlthun, auch bei den Thatsachen und Experimenten zwei Mal zuzusehn. Da sind z. B. die Frauenhofer'schen Linien, von denen so viel Wesens gemacht worden ist und angenommen wird, sie steckten im Lichte selbst, wären daher auch anders beschaffen, je

nachdem es Licht der Sonne, der Venus, des Sirius, des Blitzes, oder einer Lampe sei. Ich habe, mit vortrefflichen Instrumenten, wiederholte Versuche, ganz nach Pouillet's Anweisung, gemacht, ohne sie je zu erhalten; so daß ich es aufgegeben hatte, als mir zufällig die deutsche Bearbeitung des Pouillet von J. Müller in die Hände fiel. Dieser ehrliche Deutsche sagt (2te Aufl. Bd. 1. S. 416) aus, was Pouillet weislich verschweigt, nämlich, daß die Linien nicht erscheinen, wenn nicht eine zweite Spalte unmittelbar vor dem Prisma angebracht wird. Dies hat mich in der Meinung, welche ich schon vorher hegte, bestätigt, daß nämlich die alleinige Ursache dieser Linien die Ränder der Spalte sind: ich wünsche daher, daß Jemand die Weitläuftigkeit nicht scheuen möge, ein Mal bogenförmige, oder geschlängelte, oder fein gezahnte Spalten (aus Messing und mit Schrauben, wie die gebräuchlichen) verfertigen zu lassen; wo dann, höchst wahrscheinlich, die Frauenhofer'schen Linien, zum Skandal der gelehrten Welt, ihren wahren Ursprung durch ihre Gestalt verrathen werden, — wie ein im Ehebruche gezeugtes Kind, durch die Aehnlichkeit, seinen Vater. Ja, dies ist um so wahrscheinlicher, als es ein ganz gleiches Bewandniß hat mit dem von Pouillet (Bd. 1. § 365) angegebenen Experiment, durch ein kleines rundes Loch das Licht auf eine weiße Fläche fallen zu lassen, wo dann in dem sich darstellenden Lichtkreise eine Menge koncentrischer Ringe sein sollen, die mir ebenfalls ausgeblieben sind und von denen ebenso der ehrliche Müller (Bd. 1. §. 218) uns eröffnet, daß ein zweites Loch, vor dem ersten angebracht, dazu erfordert ist, ja, hinzusetzt, daß, wenn man statt dieses Loches eine feine Spalte anwendet, dann statt der koncentrischen Ringe parallele Streifen erscheinen. Da haben wir ja die Frauenhofer'schen Linien! Ich kann nicht umhin, zu wünschen, daß ein Mal ein guter und unbefangener Kopf, ganz unabhängig von der Newtonischen Theorie und den mythologischen Aetherschwingungen, die gesammten, von den französischen Optikern und dem Frauenhofer hoch angehäuften, so höchst complicirten chromatischen Experimente, mit Inbegriff der sogenannten Lichtpolarisation und Interferenz, vornähme und den wahren Zusammenhang aller dieser Erscheinungen herauszufinden suchte. Denn mit der Ver-

mehrung der Thatsachen hat die der Einsicht keineswegs gleichen Schritt gehalten, vielmehr hinkt diese erbärmlich hinterdrein."

„Die schwere Ungerechtigkeit, welche Göthe hinsichtlich seiner Farbenlehre hat erleiden müssen, hat gar mancherlei Ursachen, welche alle aufzuzählen so schonungslos, wie unerquicklich wäre. Eine derselben aber können wir in Horazens Worten aussprechen:

turpe putant, quae
imberbi didicere, senes perdenda fateri.

Das selbe Schicksal ist jedoch, wie die Geschichte aller Wissenschaften bezeugt, jeder bedeutenden Entdeckung, so lange sie neu war, zu Theil geworden und ist etwas, darüber sich die Wenigen nicht wundern werden, welchen die Einsicht geworden ist, „daß das Treffliche selten gefunden, seltener geschätzt wird," und „daß das Absurde eigentlich die Welt erfüllt." Inzwischen wird auch für Göthe's Farbenlehre der Tag der Gerechtigkeit nicht ausbleiben; und dann wird abermals ein Ausspruch des Helvetius sich bestätigen: le mérite est comme la poudre: son explosion est d'autant plus forte, qu'elle est plus comprimée (de l'espr. disc. II. ch. 10), und wird sodann das in der Literargeschichte schon so oft wiederholte Schauspiel von Neuem aufgeführt und zum Schluß gelangt sein."

Die Nemesis der Geschichte.

Der Nachwelt wird es höchst wunderbar erscheinen, daß erst noch besondere Schriften nöthig waren, um dem Recht Geltung zu verschaffen, welches in dem vorliegenden Fall so handgreiflich und ausschließlich nur auf der einen Seite liegt. Denn die Gebrechen der Newton'schen Farbenlehre beschränken sich ja nicht etwa auf einzelne Irrungen in den Details, sondern dieselbe bildet, wie wir gesehn haben, von Anfang bis zu Ende weiter nichts als einen, nur mit dem Schein der Genauigkeit übertünchten Irrthum, der noch dazu den Gipfel der Ungereimtheit und Abenteuerlichkeit darstellt, wogegen Göthe's Einwendungen sich durchweg als begründet und richtig erweisen. Durch die Eigenthümlichkeit der Umstände bildet dieser Fall vielleicht das stärkste Beispiel, welches jemals von dem Einfluß einer Irrlehre erlebt wurde, indem dieser ganz abenteuerliche Irrthum während einer merkwürdigen Dauer seine Herrschaft in einem Kreise ausübte, in welchem man, durch eine zu erwartende strenge Controle, so etwas am Wenigsten für möglich halten sollte. Ist es nicht geeignet einen überwältigenden Eindruck zu machen, wenn wir die Männer der Genauigkeit, gleich der Sanctasimplicitas-Frau, den Haufen dieser aufgethürmten Ungereimtheit andächtig umstehen sehn und beflissen, ein weiteres Scheit demselben hinzuzufügen, in dem Glauben, daß sie damit ein gutes Werk an der Wissenschaft thun? Der Fall ist fürwahr so eigenthümlicher Art, daß wir uns nicht wundern würden, wenn vielleicht der Aus-

spruch dereinst eine sprüchwörtliche Bedeutung erlangt: Ein blendender Irrthum, wie die Newton'sche Farbenlehre, an welche die Physiker zwei Jahrhunderte lang, wie an ein Evangelium, geglaubt haben! Man fragt sich staunend, wie den Männern der Physik Solches begegnen konnte, daß sie diesen hohlen, nur mit Flittern verhängten Puff nicht nur als pures Gold sich aufschwatzen ließen, sondern ihn auch in festem Glauben Jahrhunderte lang als solches weitergaben, und zwar mit mathematischen Verstößen und Rechenfehlern ganz derber Art?

Es verhält sich mit der Hinhaltung dieses Irrthums ebenso, wie es überhaupt mit allen Irrthümern in der Welt zugeht. Man nährt eine Vorliebe für die Vorstellungen und Lehren, mit denen man aufgewachsen ist, oder in welche man durch lange Gewöhnung sich eingelebt hat. Diese Vorliebe erzeugt Leidenschaftlichkeit, sobald der Besitz des Gewohnten gestört oder in Frage gestellt wird, und die Leidenschaftlichkeit läßt es zu einer ruhigen und gründlichen Prüfung nicht kommen. Man weiß sich zu trösten und zu beruhigen, so lange man nur noch eine vermeintlich gute Seite an dem alten Besitzthum zu entdecken vermag, und wie leicht findet das Auge nicht, was das Herz wünscht! So wird denn festgehalten an dem lieben, gewohnten, alten Credo, und zwar mit Fanatismus festgehalten. Wären die Physiker jemals zu einer ruhigen Prüfung der von Göthe gegebenen Nachweise gelangt, so würden sie längst zu der Einsicht gekommen sein, daß sie ihre wissenschaftliche Befähigung durch nichts empfindlicher bloßzustellen vermochten, als durch das Festhalten an dem ihnen von Newton aufgebundenen Puff, der das gerade Gegentheil, ein bloßer Hohn der Wissenschaftlichkeit ist. Aber zu dieser ruhigen Prüfung ist es eben niemals gekommen. Dafür zeugt sattsam die Empfindlichkeit, mit welcher die Hiebe gegen Göthe ausgetheilt werden. So erleben wir denn das wunderbare Schauspiel, die Physiker noch bis heutigen Tages zu einem Windmühlenstechen um dieses Dogma tapfer anreiten zu sehen, welches durch seine aller Wissenschaft widersprechende Abenteuerlichkeit, wie Göthe richtig bemerkt, an die finstersten Zeiten des Mönchthums erinnert. Denn wenn auch Herr de Fontenelle die Newton'sche Farbenlehre für eine Anatomie des Lichts hat ausgeben wollen, so muß man doch sagen, daß sie in

Wahrheit vielmehr einer Astrologie oder Chiromantie des Lichts gleicht. Newton betrachtet die farbigen Linien des Spectrums und ohne Weiteres behauptet er nun, wie er mit wichtiger Miene den Andächtigen zu verkünden weiß, daß er in ihnen die untrüglichen Zeichen besitze, aus denen der Lebensfaden des Lichts zu bestimmen sei. Und die moderne Physik bringt für diese Chiromantie des Spectrums noch ein neues Punktirbüchlein in dem Wirrwarr der Frauenhofer'schen Linien herbei, um dieselbe noch systematischer zu betreiben! Nun, Schopenhauer hat wohl nicht Unrecht, wenn er zu diesem Schauspiel ein: Sancta simplicitas! anmerkt.

Um jedoch nach keiner Seite hin eine Ungerechtigkeit zu begehen, darf es nicht unerwähnt bleiben, was man an der Göthe'schen Farbenlehre auszusetzen finden könnte. Der angeführte Ausspruch Dove's: „es ist der Standpunkt äußerlicher Wahrnehmung, wo eben von Theorie noch garnicht die Rede ist," zeigt deutlich, welche Lücke hier empfunden wurde. Dieser Ausstellung gegen die Göthe'sche Farbenlehre liegt allerdings in sofern etwas Wahres zu Grunde, da Göthe unterlassen hat, seinen an und für sich durchaus richtigen und naturwahren Beobachtungen über die Farbenerscheinungen, den Versuch einer Theorie derselben beizufügen. Daß Göthe einen Mangel in dieser Beziehung selbst gefühlt hat, bezeugen, wie Schopenhauer in der Einleitung seiner Schrift: über das Sehn, richtig hervorhebt,[74]) einige Sätze in seinen „Einzelnen Betrachtungen und Aphorismen über Naturwissenschaft im Allgemeinen"[75]): „Es giebt eine zarte Empirie, die sich mit dem Gegenstand innigst identisch macht und dadurch zur eigentlichen Theorie wird." „Das Höchste wäre, zu begreifen, daß alles Faktische schon Theorie ist. Die Bläue des Himmels offenbart uns das Grundgesetz der Chromatik. Man suche nur nichts hinter den Phänomenen: sie selbst sind die Lehre."

Dabei ist jedoch einerseits zu bemerken, daß Göthe mit dem Anspruch, eine erschöpfende theoretische Erklärung der Farbenerscheinungen zu leisten, garnicht aufgetreten ist, indem er vielmehr mit seiner Schrift nur eine Sammlung von Beiträgen zur Farbenlehre zu liefern beabsichtigte, wie er es sowohl durch den Titel „zur Farbenlehre," ausdrücklich bezeichnet hat, und worüber er sich auch in der Vorrede und Einleitung mehrfach erklärt.

Indem er daselbst die Newton'sche Farbenlehre mit einer alten vielfach aufgeflickten Burg vergleicht, die, „bereits leer stehend, nur von einigen alten Invaliden bewacht wird, welche sich ganz ernsthaft für gerüstet halten," will er, wenn es ihm gelingt, „dieses achte Wunder der Welt," welches er, „schon als verlassenes, Einsturz drohendes Alterthum, findet," zu schleifen, die Stelle „nicht sogleich wieder mit einem neuen Gebäude überbauen." [76]) Die Eigenthümlichkeit Göthe's bedingte, was andrerseits nicht zu übersehen ist, eine gewisse Abneigung gegen die Theorie. So sehr er daher das Bedürfniß und den Werth derselben anerkennt, [77]) so sehen wir doch bei ihm die Rücksicht auf dieselbe gegen das Erfassen der objectiven Erscheinungen stets in den Hintergrund treten. Dieses Verhalten hing mit seinem innersten Wesen auf das Genaueste zusammen. Eben das durchdringende Erfassen der Gegenstände, das eindringende Erleben des Lebendigen war es, worin seine Stärke bestand. Aufs Vielseitigste zur Reflexion angeregt, ließ er diese doch immer vorwiegend wieder darauf gerichtet sein, die Eigenthümlichkeiten des positiv Vorliegenden noch fester und bestimmter zu erfassen. Ein abstracter Ueberbau aber, der sich über das Positive erheben sollte, das eigentliche Theoretisiren, widerstrebte seiner Natur, da es ihm als etwas zu wenig Fruchtbares, zu wenig Lebendiges galt, wie er es so bezeichnend in den bekannten Worten ausdrückt:

Grau, theurer Freund, ist alle Theorie
Und grün des Lebens goldner Baum.

Göthe war aber ein zu ehrlicher Mann, um etwas aus sich herauszukünsteln, was nicht in seiner Natur lag. Nicht das Erklären, sondern das klare Auffassen galt ihm als seine Aufgabe, und das erstere war ihm um so mehr zuwider, je weniger es durch das letztere seine Stütze fand. Aus diesem Grunde konnte sich Göthe auch nicht mit der Aethertheorie befreunden, die ihm nicht Positives genug enthielt. Denn freilich kann es als eine Unmöglichkeit gelten, daß es jemals gelingen könnte, den Aether wie den Sauerstoff darzustellen, weil wir den ersteren nicht, wie den letzteren, einschließen können, während doch andererseits das verschiedene Verhalten des Schalls und des elektrischen Lichts für die Wahrnehmbarkeit unter der Luftpumpe deutlich dafür spricht,

daß im luftleeren Raume noch ein Stoff vorhanden ist, welcher der Träger von Bewegungen sein kann.

Außer dem Mangel an Theorie, welchen die Physiker bei der Göthe'schen Farbenlehre auszusetzen fanden, war es aber noch etwas Anderes, was die günstige Aufnahme derselben bei ihnen hinderte, der Mangel der mathematischen Behandlungsweise. Sie hatten auf der einen Seite die in sich abgeschlossene, durch und durch mathematisch geschulte Theorie des Mathematikers Newton, auf der andern Seite die Beobachtungen des Laien Göthe vor sich, welche weder Theorie noch Mathematik nach Wunsch darboten, man wird es begreiflich finden, daß da, wo die Mathematik Alles gilt, die erstere Seite die bevorzugte blieb. Wenn es auch keinem Zweifel unterliegt, daß die Physiker damit kein besonders glückliches Urtheil bewiesen, indem sie das Katzengold der Newton'schen Theorie, nur weil sie mathematisch glitzerte, dem Publikum als das echte Gold anpriesen, während sie den von Göthe ihnen gebotenen echten Stein, nur weil er nicht mathematisch geschliffene Linien zeigte, als einen werthlosen Kiesel fortwerfen hießen, so wurde mit diesem Urtheil doch nur eine Bestätigung des alten Satzes geliefert, daß Kleider Leute machen. Das mathematische Kleid war es hier, welches den Ton der Aufnahme entschied.

Dabei ist jedoch das Laienthum Göthe's kein ganz gleichgültiger Umstand. Es ist einmal Handwerksart, Alles was nicht zum Handwerk gehört, über die Achseln anzusehn. Statt daß man billiger Weise an die Leistungen eines Laien weniger hohe Ansprüche, als an die der Fachmänner, machen sollte, verhält es sich gerade umgekehrt, daß die Leistungen eines Laien mit doppelt strenger Schärfe angesehen werden. Begegnet daher einem Laien auch nur das geringste Versehen, so kann man sicher darauf rechnen, daß die noble Kameradschaft ein plebejisches Spottgeschrei über das große Wunder anstimmen wird, daß der, welcher sich nur nebenbei mit einer Sache beschäftigt, nicht überall dieselbe Geschicklichkeit besitzt, wie das bevorzugte Geschlecht, welches mit dieser Sache aufgewachsen ist. Wenn sich dann in dem Werk eines Laien vielleicht in 99 Theilen die unumstößlichste Wahrheit und vielleicht in 1 Theile ein Versehn befindet, so wird das letztere vollständig zur Verdammung des ganzen Werks nach der bündigen Schlußfolgerung hinreichen:

da habt Ihr den Fehler, welcher beweist, daß das ganze, nicht vom Metier stammende Werk werthlos ist. Während sich die zünftigen Meister immer gegenseitig wegen ihrer außerordentlichen Verdienste um die Welt aufs Ergiebigste belobsen, wird der außer der Zunft Stehende, wenn seine Erwähnung nicht ganz umgangen werden kann, sicher nur auf die kärgste und geringschätzigste Beachtung rechnen können. Gnade kann ein nichtpatentirter Ankömmling nur dadurch erlangen, daß er mit möglichster Entschiedenheit in die Trompete des gerade herrschenden, natürlich immer sehr geistreichen Schulsystems mit einstoßen hilft. Begeht dagegen Jemand die Unvorsichtigkeit, die Tugenden des letzteren in Zweifel zu ziehn, so wird er gewiß sein können, daß seine Aeußerungen, als die des ausgemachtesten Ignoranten, entweder der Welt als reiner Unsinn bezeichnet, oder mit der vollständigsten Nichtachtung bestraft werden. Die Weisheit des Shakspeare'schen Narren, daß die Freunde die Feinde und die Feinde die Freunde sind, die ersteren, weil sie nur sagen, was wir wünschen, die letzteren, weil sie uns den von den erstern nicht erzeigten Gefallen thun, die Wahrheit zu sagen, muß man bei dem Handwerk nicht suchen.

Daß man sich um so mehr sträubte, Göthe, welcher die Irrthümer des herrschenden Systems ebenso unumwunden als nachdrücklich gegeißelt hatte, irgend eine Spur der Anerkennung zu Theil werden zu lassen, war natürlich, weil man damit Zeugniß für eine sehr auffallende Irrthumsfähigkeit des Metiers abgelegt haben würde. Die mit der Mathematik verschwägerte Physik zählt sich aber zu den Großmächten dieser Erde und wies daher mit der den letzteren eigenen Empfindlichkeit den Gedanken an den Irrthum, oder gar das Eingeständniß eines solchen, bei dem die Ehre auf's Gefahrdrohendste engagirt erschien, voll Entrüstung zurück und entschied sich dafür, es bei der Aufrechthaltung des Status quo ante bewenden zu lassen. Auch den größten Männern kann es begegnen, daß sie einmal schief sehn, um so leichter wenn Leidenschaftlichkeit ihren Blick gefangen nimmt. Doch ein Versehn gilt in dieser Welt noch nicht als ein Verbrechen und nur das Sichsperren gegen die Berichtigung desselben ist es, was auch einer Größe gefährlich werden kann. Erlebten wir nicht in diesen Tagen, daß einer der berühmtesten Sprach-

forscher, unser geschätzter Landsmann Boeckh, seine kritische Ehre zum Pfand für die Echtheit einer Handschrift einsetzte, welche sich hinterher als das industrielle Machwerk des griechischen Schwindlers Simonides auswies? Wird es deßhalb Jemand in den Sinn kommen, die Verdienste Boeckh's geringer zu schätzen, weil es in einem Falle einmal einem Schwindler gelungen war, ihn zu überlisten? Gewiß nicht.

Mit welchem Rechte wollen nun die Physiker das Privilegium einer ihnen nicht nahbaren Möglichkeit des Irrthums beanspruchen, welche, wie dieser Fall zeigt, auch die höchsten Stufen der akademischen Würden nicht verschont läßt? Freilich ist der Fall der Physiker ein etwas schlimmerer, weil sie zwei Jahrhunderte lang Zeit hatten, sich von den ganz gewaltigen mathematischen Verstößen der Theorie, welche ihnen für echte Mathematik ausgegeben worden war, zu überführen. Andrerseits läßt sich aber auch zu ihren Gunsten wieder anführen, daß der Schwindler, durch den ihnen etwas aufgebunden worden, in diesem Falle ein Newton war. Doch die Physik glaubt an die Stärke ihrer Großmacht und meint deßhalb mit dem Festhalten an dem Status quo ante durchkommen zu können. Hat nicht die jüngste Geschichte unseres Welttheils gelehrt, daß es auch für Großmächte verhängnißvoll werden kann, die executorische Hinweisung auf das Recht abzuwarten? Die Aussichten der Physik möchten hiernach schwerlich besonders günstige sein. Es bleibt immer mißlich, einen Irrthum nicht bemerken zu wollen. Bedenklicher noch wird es, wenn dieser Irrthum ganz und gar nur eine Ungereimtheit ausmacht. Das Allerbedenklichste aber ist, den Fanatiker für eine solche Ungereimtheit zu machen, während sich dieselbe factisch bereits als völlig beseitigt erweist.

Wenn auch physikalische Lehrbücher nicht die Geschichte der Menschheit ausmachen, so hätten doch die Physiker wissen können, daß in der Geschichte eine Instanz lebt, welche grelle Ungerechtigkeiten mit der Zeit an den Tag zu ziehen pflegt und executorisch ihre Berichtigung fordert, um so nachdrücklicher, je länger die Vorenthaltung dieser Berichtigung verschuldet wurde. Freilich haben die Physiker, welche so achselzuckend auf Göthe herabsahen und ihn mit solcher Entschiedenheit verurtheilten, sich nicht träumen lassen, daß der Tag bevorstehen könnte, an welchem die

Rollen auf eine sehr überraschende Weise getauscht werden würden. Sie haben sich nicht träumen lassen, daß sie am Schluß des Dramas vor demselben Publikum als die Gefoppten abtreten würden, welchem sie Göthe als einen solchen bezeichnet hatten, daß nur sie allein sich als die starken Helden der Illusion präsentiren würden, welche sie unrechtmäßiger Weise dem alten Dichter haben andichten wollen. Dieser Tag wird gekommen sein, wenn nur ein kleiner Theil des Publikums sich entschließt, das Prisma in die Hand zu nehmen und sich selbst davon zu überführen, wer hier Recht hatte, die Herren Physiker, oder der alte Dichter!

Daß persönliche Interessen einen nicht unbedeutenden Antheil an der, Göthe's Verdiensten um die Farbenlehre vorenthaltenen Anerkennung ausübten, ist schon von Göthe selbst in den, im ersten Abschnitt dieser Schrift angeführten Stellen ausgesprochen worden, und übereinstimmend hiermit äußert sich Schopenhauer:[78]) „Jenes Verdienst aber wird dann zur Anerkennung gelangen, wenn Katheder und Schreibtische von einer ganz neuen Generation besetzt sein werden, die nicht, und wäre es auch nur in ihren Greisen, ihre eigene Ehre gefährdet zu halten hat, durch den Umsturz einer Lehre, welche sie ihr ganzes Leben hindurch, nicht als Glaubens-, sondern als Ueberzeugungs-Sache vortrug." Es wurde hierzu schon oben bemerkt, daß es nicht nothwendig ist, eine Zurückhaltung der Anerkennung der Wahrheit bei den Gegnern Göthe's, gegen besseres Wissen, anzunehmen. Vielmehr macht sich ein solches Ausbleiben der Anerkennung ganz von selbst, ohne daß man sich im Geringsten dazu anzustrengen braucht. Das rechte Sehn wollte nur nicht gelingen, weil die Sirenenstimme von dem unnahbaren Irrthum immer das wiederholte, was das Herz zu sehen wünschte, und der Eifer, sich das anzusehn, was die Einwendungen besagten, wohl niemals ein allzugroßer wurde. Es war eine Art von Brillantfeuerwerk, welches in der Physik losgelassen wurde, wenn man dem staunend frohen Publikum zuerst, mittelst des Farbenkreisels, die Zusammensetzung des weißen Lichts, wenn auch nur des Mollweide'schen grauen Weiß, aus den sieben Farbenlichtern, und dann, im Spectrum und den entoptischen Wundern, die Zerlegung des zusammengesetzten weißen Lichts in die sieben homogenen Urstrahlen zeigen konnte, und man that sich wirklich auf dieses Feuerwerk nicht wenig

zu gut, ohne wahrzunehmen, daß der Erfolg desselben lediglich auf dem Ununterrichtetsein der Zuschauer beruhte, welche sich wie die echten Naturkinder bunte Glasperlen als Goldeswerth leichtgläubig aufschwatzen ließen, und daß es mit dem Erfolg dieses Feuerwerks sogleich zu Ende sein würde, sobald das Publikum sich dafür entscheidet, auch in der Farbenlehre sich einige Kultur anzueignen, wo es denn bald dahin kommen würde, statt dieser blos puffenden, der wahren Einsicht ersprießlicher dienende Experimente und Nachweise zu begehren. Man belehrte und warnte das Publikum also durchaus in gutem Glauben und guter Absicht, denn wenn eine Ahnung davon, daß man selbst die Gefoppten vorstellte, vielleicht dämmerte, so war dieses Dämmern doch nur noch ein ganz verborgenes.

Dabei darf man nicht übersehen, daß wir alle Menschen bleiben, und daß es denn doch wenigstens nicht gerade zu den angenehmsten und leichtesten Aufgaben zu rechnen ist, das auf einmal für einen starken Irrthum zu erklären, was man 40 Jahre hindurch mit dem größten Eifer als die sicherste Ueberzeugung gepredigt und gepriesen hat. Wenn es auch bei einem begangenen Versehen unter allen Umständen unzweifelhaft immer das Vortheilhafteste bleibt, die Empfindlichkeit gegen sich und nicht gegen Andere zu richten, welche an dem Versehen unschuldig sind, und sich selbst lieber den Kopf zurecht zu rücken, ehe die Execution dieses Zurechtrückens von einer andern Seite naht, so ist doch nicht zu leugnen, daß eine solche Selbstexecution nicht unbedingt zum süßen Dessert, sondern höchstens zu den bittersüßen Gängen zu rechnen, wenngleich sie immer noch den Gängen vorzuziehen ist, welche durch ihre lange Verzögerung zuletzt ganz bitter werden.

Nach dem Allen sind wir einigermaßen begierig zu sehen, wer der weiße Rabe in den Reihen der Physiker sein wird, welcher, das Metier Metier, und den Professor Professor sein lassend, dafür der Wahrheit die Ehre gebend, zuerst mit der Erklärung auftritt, daß es völlig abgeschmackt sei, es irgendwie leugnen oder vertuschen zu wollen, daß sich die Physik mit der Annahme und Fortspinnung der Newton'schen Farbenlehre in einen ganz gräulichen Holzweg verrannt hatte, und daß Göthe, wäre er nicht sonst schon unsterblich, allein schon wegen der trefflichen Kennzeichnung dieses Holzwegs die Unsterblichkeit verdienen würde.

Doch die Physiker verließen sich auf die Größe Newton's. Bot dieselbe denn in Wirklichkeit eine so sichere Verläßlichkeit dar? Bekanntlich haben sämmtliche Aufstellungen und Berechnungen Newton's, namentlich die über das Gravitationsgesetz nicht ausgenommen, dem er hauptsächlich seinen Ruhm verdankt, sich im Verlauf der Zeit als falsch oder ungenau erwiesen, und mußten mannigfachen Modificationen und Berichtigungen unterworfen werden. Das sind doch wohl keine Zeichen für eine große Zuverlässigkeit, sondern vielmehr ein sprechender Beweis dafür, wie richtig Göthe's Urtheil über Newton ist, wenn er Denselben den glänzend begabten, aber zur Uebereilung neigenden Männern zuzählt, während er den Gegnern Newton's die bescheidenere Stellung derjenigen zuweist, welche das geringere Maß ihrer Begabung durch ein größeres Maß der Vorsicht und Genauigkeit ersetzen.[79])

Ein großer Name wird Newton wohl für alle Zeiten gesichert bleiben durch den bedeutenden Einfluß, welchen er auf die Entwickelung der Naturwissenschaften ausgeübt hat; aber seine Größe war nicht frei von eigenthümlichen Beimischungen, und daher, wie schon der so merkwürdige Fall seiner Farbenlehre zeigt, eine keineswegs der Menschheit durchweg vortheilbringende, sondern theilweise höchst verderbliche. Glänzend begabt war er ohne Zweifel, aber die glänzende Begabung zeigte sich zum Theil in einer Richtung, welche schwerlich als die segenbringendste und ehrenvollste zu betrachten sein möchte. Schon Castel hat, in dem treffenden Wahrheitsspiegel, welchen er Newton vorhält, nicht mit Unrecht darauf hingewiesen, daß die Sophistik bei ihm eine Höhe erreicht, bei welcher die Unterscheidung von einer absichtlichen Täuschung anfängt schwierig zu werden. Daß er in glänzendem Maße die Gabe besaß, und zwar mit nicht geringer Beihülfe dieser seltenen Höhe von Sophistik, sich bedeutende Erfolge bei den Menschen zu verschaffen, hat die Geschichte deutlich genug bestätigt. Geben diese Erfolge aber schon das einzige und sichere Maß für die Größe ab?

Beachtenswerth ist in dieser Beziehung das Verhältniß Newton's zu Hooke. Dove sagt hierauf bezüglich:[80]) „Bei der Darstellung der Newton'schen Farbenringe, deren richtiger Erklärung schon Hooke nahe war — der aber hier, wie anderwärts,

seine dunkelen Vorstellungen von Interferenz nicht bis zum klaren Bewußtsein durchzuarbeiten vermochte und daher im Gebiete des Lichtes, wie in der Mechanik des Himmels, sich stets von seinem Nebenbuhler Newton verdunkelt sah — bei dieser Darstellung also liegen die beiden Spiegel über einander, so daß das Licht, um zum zweiten zu gelangen, den ersten durchdringen muß." Also Hooke sah sich stets durch seinen Nebenbuhler Newton verdunkelt. Wir wollen nun sehen, auf welchen Mitteln zum Theil diese Verdunklung beruhte. Hierzu haben wir den Lesern eins der wichtigsten Actenstücke unserer Sammlung vorzulegen, welches wir wiederum der sorgfältigen Forschung Schopenhauer's verdanken. Schopenhauer giebt in dem „Zur Philosophie und Wissenschaft der Natur" überschriebenen 6. Abschnitt des zweiten Bandes seiner „Parerga", daselbst von S. 114 bis 118, den folgenden höchst beachtenswerthen Nachweis über den Ursprung der Aufstellung des Gravitationssystems, auf welche Newton's Ruhm hauptsächlich begründet war:

„Der Grundgedanke, die uns unmittelbar nur als Schwere bekannte Gravitation zum Zusammenhaltenden des Planetensystems zu machen, ist ein, durch die Wichtigkeit der sich daran knüpfenden Folgen, so höchst bedeutender, daß die Nachforschung nach seinem Ursprunge nicht als irrelevant beseitigt zu werden verdient; zumal wir uns bestreben sollten, wenigstens als Nachwelt gerecht zu sein, da wir als Mitwelt es so selten vermögen."

„Daß, als Neuton 1686 seine principia veröffentlichte, Robert Hooke ein lautes Geschrei über seine Priorität des Grundgedankens erhob, ist bekannt; wie auch, daß seine und Anderer bittere Klagen dem Neuton das Versprechen abnöthigten, in der ersten vollständigen Ausgabe der principia, 1687, ihrer zu erwähnen, was er denn auch in einem Scholion zu P. I. prop. 4. corol. 6, mit möglichster Wortkargheit gethan hat, nämlich in parenthesi: „„ut seorsum collegerunt etiam nostrates Wrennus, Hookius et Hallaeus.""

„Daß Hooke schon im Jahr 1666 das Wesentliche des Gravitationssystems, wiewohl nur als Hypothese, in einer communication to the Royal society ausgesprochen hatte, ersehen wir aus der Hauptstelle derselben, welche in Hooke's eigenen Worten abgedruckt ist in Dugald Stewarts philosophy of the

human mind, Vol. 2, p. 434. — In der Quarterly review vom August 1828 steht eine recht artige Concise Geschichte der Astronomie, welche Hooke's Priorität als ausgemachte Sache behandelt."

„In der beinahe hundert Bände befassenden Biographie universelle scheint der Artikel Neuton eine Uebersetzung aus der Biographia Brittanica zu sein, auf welche er sich beruft. Er enthält die Darstellung des Weltsystems aus dem Gravitationsgesetz, wörtlich und ausführlich, nach Robert Hooke's an attempt to prove the motion of the earth from observations, Lond. 1674, 4. — Ferner sagt der Artikel, der Grundgedanke, daß die Schwere sich auf alle Weltkörper erstrecke, finde sich schon ausgesprochen in Borelli theoria motus planetarum et causis physicis deducta. Flor. 1666. Endlich giebt er noch die lange Antwort Neuton's auf Hooke's oben erwähnte Reklamation der Priorität der Entdeckung. — Die zum Ekel wiederholte Apfelgeschichte hingegen ist ohne Auktorität. Sie findet sich zuerst als eine bekannte Thatsache erwähnt in Turnor's history of Grantham, p. 160. Pemberton, der noch den Neuton, wiewohl in hohem und stumpfem Alter, gekannt hat, erzählt zwar, in der Vorrede zu seiner view of Newton's philosophy, der Gedanke sei demselben zuerst in einem Garten gekommen, sagt aber nichts vom Apfel: dieser wurde nachher ein plausibler Zusatz. Voltaire will ihn von Neuton's Nichte mündlich erfahren haben; was denn wahrscheinlich die Quelle der Geschichte ist. Siehe Voltaire élémens de philos. de Newton P. II. ch. 3."

„Zu allen diesen, die Annahme, daß der große Gedanke der allgemeinen Gravitation ein Bruder der grundfalschen homogenen-Lichter-Theorie sei, widersprechenden Auktoritäten habe ich nun noch ein Argument zu fügen, welches zwar nur psychologisch ist, aber für den, der die menschliche Natur auch von der intellektuellen Seite kennt, viel Gewicht haben wird."

„Es ist eine bekannte und unbestrittene Thatsache, daß Neuton, sehr frühe, angeblich schon 1666, möge es nun aus eigenen oder aus fremden Mitteln gewesen sein, das Gravitationssystem aufgefaßt hatte und nun, durch Anwendung desselben auf den Mondlauf, es zu verifiziren versuchte; daß er jedoch, weil das Ergebniß nicht genau zur Hypothese stimmte, diese wieder fallen

gelassen und sich der Sache auf viele Jahre entschlagen hat. Eben so bekannt ist der Ursprung jener ihn davon zurückschrecken- den Diskrepanz: sie war nämlich blos daraus entstanden, daß Neuton den Abstand des Mondes von uns um beinahe 1/7 zu klein annahm, und dieses wieder, weil derselbe zunächst nur in Erdhalbmessern ausgerechnet werden kann, der Erdhalbmesser nun wieder aus der Größe der Grade des Erdumkreises berechnet wird, diese letzteren allein aber unmittelbar gemessen werden. Neuton nahm nun, blos nach der gemeinen geographischen Bestimmung, in runder Zahl, den Grad zu 60 englischen Meilen an, während er in Wahrheit 69½ hat. Hiervon war die Folge, daß der Mondlauf zur Hypothese der Gravitation, als einer Kraft, die nach dem Quadrat der Entfernung abnimmt, nicht wohl stimmte. Darum also gab Neuton die Hypothese auf und entschlug sich derselben. Erst etwan 16 Jahre später, nämlich 1682, erfuhr er zufällig das Resultat der bereits seit einigen Jahren vollendeten Gradmessung des Franzosen Picard, wonach der Grad beinahe 1/7 größer war, als er ihn ehemals angenommen hatte. Ohne dies für besonders wichtig zu halten, notirte er es sich, in der Akademie, woselbst es ihm aus einem Briefe mitgetheilt worden, und hörte sodann, ohne dadurch zerstreut zu sein, dem Vortrage daselbst aufmerksam zu. Erst hinterher fiel ihm die alte Hypothese ein: er nahm seine Rechnungen darüber wieder vor und fand jetzt den Thatbestand genau derselben entsprechend, worüber er bekanntlich in große Extase gerieth."

„Jetzt frage ich Jeden, der selbst Vater ist, der selbst Hypothesen erzeugt, genährt und gepflegt hat: geht man so mit seinen Kindern um? stößt man sie, wenn nicht Alles gleich klappen will, sofort unbarmherzig aus dem Hause, schlägt die Thüre zu und frägt in 16 Jahren nicht mehr nach ihnen? wird man nicht vielmehr in einem Fall obiger Art, ehe man das so bittere „es ist nichts damit" ausspricht, vorher noch überall, und müßte es bei Gott Vater in der Schöpfung sein, einen Fehler vermuthen, eher als in seinem theuren, selbst erzeugten und gepflegten Kinde? — und nun gar hier, wo der Verdacht seine richtige Stelle so leicht hätte finden können, nämlich in dem (neben einem visirten Winkel) alleinigen empireschen Dato, welches der Rechnung zum Grunde lag, und dessen Unsicherheit so bekannt war, daß die

Franzosen ihre Gradmessungen schon 1669 betrieben, welches schwierige Datum Neuton aber so ganz obenhin, nach der gemeinen Angabe, in englischen Meilen, angenommen hatte. Und so verführe man mit einer wahren und welterklärenden Hypothese? Nimmermehr, wenn sie eine eigene ist! — Hingegen mit wem man so umgeht, weiß ich auch zu sagen: mit fremden, ungern in's Haus gelassenen Kindern, auf welche man, (am Arm seiner eigenen unfruchtbaren Gemahlin, die nur Ein Mal, und zwar ein Monstrum, geboren) scheel und mißgünstig hinsieht und sie, eben nur von Amts wegen, zur Prüfung zuläßt, schon hoffend, daß sie nicht bestehen werden, sobald aber sich dieses bestätigt, sie mit Hohngelächter aus dem Hause jagt."

„Dieses Argument ist, wenigstens bei mir, von so vielem Gewicht, daß ich darin eine vollkommene Beglaubigung der Angaben erkenne, welche den Grundgedanken der Gravitation dem Hooke zuschreiben und nur die Verification desselben durch Berechnungen dem Neuton lassen; wonach es dem armen Hooke ergangen ist, wie dem Kolumbus: es heißt „Amerika" und es heißt „das Neutonische Gravitationssystem."

Sagen wir also, wie es der Wahrheit entspricht: das Hooke'sche Gravitationssystem, welches Newton zu seinen Gunsten auszubeuten verstand; denn alle Umstände sprechen durchaus für die Richtigkeit des von Schopenhauer gegebenen Nachweises. Die Verdunklung Hooke's wurde Newton zum Theil leicht dadurch gemacht, weil Hooke zu den Menschen gehörte, welche, bei aller Fruchtbarkeit ihrer Gedanken, zu dem Einhalten einer geregelten Ordnung in ihrer Thätigkeit nicht zu bringen sind. Daß aber an richtiger Auffassungsgabe und Fruchtbarkeit der Gedanken Hooke dem Newton keineswegs nachstand, sondern im Gegentheil ihn übertraf, lehrt, außer der Priorität des Gedankens des Gravitationssystems, überhaupt die Vergleichung seiner Ansichten mit denen Newton's, welche durchweg zu seinen Gunsten ausfällt, wie es sich z. B. auch in der Farbenlehre zeigt, wo die von Hooke aufgestellten Ansichten bei Weitem sinnreicher und der Wahrheit näher stehend sind, als die aller Naturwahrheit entbehrende Theorie Newton's. Hooke erklärt nämlich den Eindruck der Farben aus der Wechselwirkung eines stärkeren und schwächeren Lichts, durch dessen wechselnde Folge, beim Gelb und

Roth ein stärkerer Theil dem schwächeren, beim Blau ein schwächerer dem stärkeren voranginge,[81]) eine Erklärung, in welcher doch die Grundbedingungen richtig hervorgehoben sind, welche für die Farbenbildung, wenigstens beim Prisma, wie wir gesehen haben, sich mit Bestimmtheit nachweisen lassen.

Also gerade der Gedanke, auf welchen Newton's Ruhm hauptsächlich sich stützt, der des Gravitationssystems, war das Eigenthum eines Anderen. Die Fertigkeit, mit welcher Newton mit dem seinem Nebenbuhler entwundenen Gedanken, ihn als Fußschemel benutzend, sich auf Jenes Kosten emporzuschwingen weiß, zeigt eine Herzensverwandtschaft mit seiner Gewandtheit und Sicherheit im Vertauschen des Hier und Dort, welche uns aus allen seinen, mit dem Ingredienz der Sophistik so reichlich durchwürzten Deductionen unverkennbar entgegentritt. Mit welcher Sicherheit, welche dem besten Escamoteur Ehre gemacht hätte, weiß er nicht z. B. die homogenen Lichter urplötzlich auf den Schauplatz hinzustellen, ohne daß man gewahrt, daß die zarten Elfen lediglich aus dem Aermel geschüttelt sind! Ob diese Künste mehr der Hinterlist als der Ehrlichkeit verschwistert scheinen möchten, wollen wir dahingestellt sein lassen, gewiß aber möchte es sein, daß Newton in der Kunst, sein Ich geltend zu machen, jedenfalls groß war. Die hohe Geltung des letzteren spricht auch sehr vernehmlich aus dem eigenthümlich gespreizten Ton, den jede Zeile Newton's wiedergiebt. Man glaubt immer einen kleinen Herrgott sprechen zu hören, der sich herabläßt, den weit unten stehenden Sterblichen etwas aus dem Schatz der höchst unfehlbaren Gewißheit zu offenbaren. Die Verdunklung Hooke's, welche Newton gelang, könnte hiernach zum Theil auch darin ihren Grund haben, daß der Erstere vielleicht keine Neigung besaß, um in solchen Künsten mit seinem Nebenbuhler zu concurriren, zu deren Wahl Newton nicht nur ohne Bedenken schritt, sondern in deren Anwendung er auch eine allerdings unverkennbare Meisterschaft entfaltete. Der große Mathematiker Newton, dessen hauptsächliche Beschäftigung im Alter bekanntlich die Offenbarung Johannes wurde, mochte vielleicht einen besonderen Grund zu dieser eigenthümlichen Beschäftigung haben; denn es mag nicht als unmöglich gelten können, daß die Erfolge, welche, mit Hülfe der Sophistik, ihm in die Welt einzuschwärzen gelungen waren,

und die Mittel, deren er sich bei denselben und bei der Verdunklung seiner Nebenbuhler bedient hatte, ihm später vielleicht selbst nicht recht behagten, was dann möglicher Weise ihn dem Gedanken an ein kommendes Gericht besonders zugewendet haben kann.

Ob nun hiernach das Urtheil unserer angelsächsischen Brüder über der Nordsee, welche Newton für „das größte aller menschlichen Wesen“ [82]) erklären, das richtigste ist, möchte denn doch wohl nicht ganz über allen Zweifel erhaben sein. Großbritannien, das Land des groß geschriebenen Ich's, hat sich zwar von jeher als ein besonders günstiges Feld für die Entfaltung der Sophistik erwiesen, ganz natürlich, denn was das Ich vergrößert, wird auch der Sophistik auf die Beine zu helfen und ihr ein loyales Mäntelchen umzuhängen wissen. Es wäre daher möglich, daß die bei Newton wahrzunehmenden Künste, welche wir, um dem Gegenstande der besonderen Verehrung unserer angelsächsischen Brüder nicht zu nahe zu treten, mit keinem schlimmeren Namen — was allenfalls geschehen könnte — als dem der Sophistik bezeichnen wollen, dort nicht als ein erheblicher Abbruch seiner Größe erschienen. Das ist jedoch Sache des Geschmacks, über welchen bekanntlich nicht zu streiten ist. Von uns, die wir „ich“ klein, vielleicht etwas zu klein; schreiben, werden solche Künste gemeiniglich nicht als die vortheilhaftesten Ingredienzien einer Größe betrachtet. Rechnet man zu diesen Umständen die Hooke gebührende Priorität des Gravitationssystems, und die vollständige Humbug-Beschaffenheit der Newton'schen Farbenlehre, so möchte es uns — wobei wir jedoch Jedem gern seine Meinung lassen — fast bedünken, daß die Größe dieses „größten aller menschlichen Wesen“ theilweise auf der Fertigkeit beruhte, einen großen Dunst von sich zu machen, welcher der Menschheit in diesem Falle zwei Jahrhunderte lang ziemlich schwer und zum Theil verderbenbringend in den Gliedern gelegen hat, bis endlich eine genauere Kritik den Kern aus der Hülle zu streifen beginnt, der hiernach weder zu den glänzendsten, noch zu den ehrenhaftesten zu gehören scheint.

Mit Göthe verhält es sich gerade umgekehrt. Er ist eine durch und durch wahre Größe, ein echter Juwel, der an Werth gewinnt, je näher die geschichtliche Beleuchtung an ihn herantritt, und der seine volle Schätzung erst finden wird, wenn einst

eine der freien philosophischen Forschung günstigere Zeit kommt, als die jetzige, welche nach dem traurigen Ruhme zu ringen scheint, daß einst ein Gibbon für sie erstehe.

Wenn es als Jedermanns Pflicht erscheinen muß, sein Scherflein dazu beizutragen, daß dem echten Verdienst die gebührende Würdigung zu Theil werde, welche ihm unrechtmäßiger Weise durch falsche Flittern entzogen war, so, hoffe ich, wird Dove es in diesem Sinne weniger ungünstig aufnehmen können, wenn einer seiner ehemaligen, auf einem anderen Gebiete beschäftigter Schüler sich die Freiheit genommen hat, eine Beantwortung der Frage zu versuchen, welche ihm als eine unersprießliche erschienen war, einer Frage, welche allerdings nicht blos dem Fache der Physik angehört, sondern, durch die gewichtige Bedeutung der dabei betheiligten Personen und Umstände, sowohl in das Gebiet der Geschichte, wie das des gemeinen Rechts wesentlich hineinreicht, und überhaupt Seiten berührt, die allen Gebildeten als theuer zu gelten geeignet sind. Wenn ich mich hierbei mehrfach genöthigt sah, den Aeußerungen meines hochgeschätzten Lehrers gegenüberzutreten, so glaubte ich doch hierbei die sichere Ueberzeugung festhalten zu können, daß bei den so vielseitigen verdienstlichen Leistungen Dove's, deren warme und dankbare Schätzung ich so lebhaft, wie irgend Jemand, theile, es seinem Namen keinen Abbruch thun wird, wenn wir einmal den Fall vorliegend fanden, in welchem wir sein Urtheil zu unterschreiben uns außer Stande sahen. Da übrigens die von mir für den vorliegenden Fall gegebenen Mittheilungen nur einige Ergänzungen zu den werthvollen, schon viel früher von Schopenhauer gegebenen Nachweisen ausmachen, so ist die Anregung zur endlichen Berichtigung dieses derselben so dringend bedürftigen Unrechts lediglich diesem wackeren Kämpfer für die Wahrheit zu danken, dessen gediegene Leistungen im Gebiete der Philosophie sich sehr ansehnlich über die dürftigen Spenden der Brodphilosophen des jüngst verflossenen Zeitraums erheben.

Doch der Worte sind genug gewechselt und es kommt jetzt auf die Thaten an. Die That kommt aber in diesem Falle zunächst dem lieben Publikum zu, daß es das Prisma zur Hand nehme und sich selbst davon überführe, für welche Seite es entscheidet. Ein Blick des Auges thut mehr als Bücher und Worte;

möge denn das Publikum das Sehen mit eigenen Augen nicht versäumen. Erst wenn die Beweise, welche das Prisma giebt, in ihrer so handgreiflichen und schlagenden Beschaffenheit den Augen vorliegen; erst dann wird das schwere, an Göthe begangene Unrecht in dem vollen Gewicht seines Umfangs klar hervortreten, woraus die nachdrückliche und gebieterische Forderung seiner Berichtigung sich von selbst ergeben wird. Hat nur ein kleiner Theil des Publikums es nicht verschmäht, durch die Prüfung mit eigenen Augen sich eine Einsicht in diese Sache zu verschaffen, dann wird es für die Physiker zur Unmöglichkeit geworden sein, die Welt noch weiter mit einem bloßen Humbug zu unterhalten, statt die Wahrheit zu bieten, deren Wahrung in diesem Falle das ebenso unzweifelhafte, wie unsterbliche Verdienst Göthe's ist. Aber freilich von unseren werthen Landsleuten wird eine Rührigkeit in dieser Sache nicht zu rasch zu erwarten sein. Es ist möglich, daß sie sich noch zwanzig Jahre lang besinnen, ob sie um dieses ihrem größten Geiste widerfahrene Unrecht, welches zugleich eine der merkwürdigsten Verirrungen zeigt, die jemals in der Geschichte der Wissenschaften vorgekommen sind, sich bekümmern sollen, oder nicht.

Anhang.

Versuche über die Wirkung farbiger Gläser.

Die Versuche wurden in der Art angestellt, daß die farbigen Gläser vor eine Lampenflamme gehalten, dann die Farbe der Flamme und die Färbungen der Projectionen eines Prismas, welches das Licht durch die farbigen Gläser erhielt, beobachtet wurden.

1. Ein grünes Glas:
   Die Flamme hellgelbgrün, die helleren Projectionen des Prismas blaßgraugrün, der blaue und rothe Saum derselben nicht mehr sichtbar, die Schatten rosa.
2. Zwei grüne Gläser:
   Die Flamme grasgrün, die helleren Projectionen graugrün, kaum kenntlich, die Schatten rosa.
3. Ein blaues Glas:
   Die Flamme blaßblau, die helleren Projectionen blaßblau, die prismatischen Farbensäume nicht sichtbar, die Schatten orange.
4. Zwei blaue Gläser:
   Die Flamme violet, die helleren Projectionen graublau, die Schatten grauorange.
5. Ein grünes und ein blaues Glas:
   Die helleren Projectionen grau, kaum kenntlich, die Schatten desgleichen; die Flamme kornblumenblau, wenn ein stärkeres blaues Glas angewandt wurde, bei einem schwächeren blauen Glase, blaugrün.

6. Ein grünes und zwei blaue Gläser:
   Die Flamme dunkelblau, die helleren Projectionen und Schatten kaum kenntlich.
7. Ein blaues und zwei grüne Gläser:
   Die helleren Projectionen und Schatten unkenntlich; die Flamme ist, wenn ein schwächeres blaues Glas genommen wird, grasgrün, bei einem stärkeren blauen Glase, blau.
8. Zwei grüne und zwei blaue Gläser:
   Die Flamme blau, die helleren Projectionen und Schatten unkenntlich.
9. Ein rothes Glas:
   Die Flamme gelbroth, die helleren Projectionen rosa, die prismatischen Farbensäume nicht sichtbar, die Schatten dunkelgrün.
10. Zwei rothe Gläser:
    Die Flamme gelbroth, die helleren Projectionen dunkelrosa, die Schatten hellgrün.
11. Drei rothe Gläser:
    Die Flamme roth, die helleren Projectionen noch dunkler rosa, die Schatten hellgrün.
12. Ein gelbes Glas:
    Die Flamme röthlichgelb, die helleren Projectionen gelb, der rothe und blaue Farbensaum an denselben noch sichtbar, die Schatten violet.
13. Zwei gelbe Gläser:
    Die Flamme röthlichgelb, die helleren Projectionen graugelb, die Farbensäume noch sichtbar, die Schatten blau.
14. Drei gelbe Gläser:
    Die Flamme rothgelb, die helleren Projectionen dunkel-graugelb, die Farbensäume schwach sichtbar, die Schatten blau.
15. Ein rothes und drei gelbe Gläser:
    Die Flamme gelbroth, die helleren Projectionen orange, die Farbensäume nicht mehr sichtbar, die Schatten himmelblau.
16. Zwei rothe und drei gelbe Gläser:
    Die Flamme gelbroth, die helleren Projectionen dunkelorange, die Schatten hellblau.
17. Drei rothe und drei gelbe Gläser:
    Die Flamme dunkelorange, die helleren Projectionen dunkelorange, die Schatten noch heller blau, beide jedoch nur schwach sichtbar.
18. Ein violettes Glas:
    Die Flamme röthlich, mit blauen Rändern, bedeutend verklei-

nert erscheinend, die helleren Projectionen röthlich, die Schatten blaßgrün, beide schwach sichtbar.

19. Ein violettes und ein blaues Glas:
    Die Flamme violet, die helleren Projectionen bläulich, die Schatten dunkelgelb, beide schwach sichtbar.
20. Ein violettes und zwei blaue Gläser:
    Die Flamme dunkelviolet, die helleren Projectionen unkenntlich, die Schatten schwefelgelb.
21. Ein gelbes und ein schwach blaues Glas:
    Die Flamme hellbraun, die helleren Projectionen und Schatten undeutlich.
22. Ein gelbes und ein stärkeres blaues Glas:
    Die Flamme pfirsichblüthenroth, bedeutend verkleinert, die helleren Projectionen und Schatten unkenntlich.
23. Ein gelbes und zwei blaue Gläser:
    Die Flamme karmoisinroth, die helleren Projectionen undeutlich, die Schatten gelbgrün.
24. Ein schwach blaues und zwei gelbe Gläser:
    Die Flamme gelbbraun.
25. Dasselbe mit drei gelben Gläsern:
    Die Flamme orange.
26. Ein stärkeres blaues Glas mit zwei gelben Gläsern:
    Die Flamme purpurroth.
27. Dasselbe mit drei gelben Gläsern:
    Die Flamme dunkelpurpurroth.
28. Zwei blaue und zwei gelbe Gläser:
    Die Flamme purpurroth.
29. Dieselbe mit drei gelben Gläsern:
    Die Flamme dunkelpurpurroth.
30. Ein violettes und drei gelbe Gläser:
    Die Flamme dunkelorange.
31. Ein grünes und ein rothes Glas:
    Die Flamme braun.
32. Ein grünes und zwei rothe Gläser:
    Die Flamme röthlich braun.
33. Ein grünes und drei rothe Gläser:
    Die Flamme röthlich braun, schwach sichtbar.
34. Zwei grüne und ein rothes Glas:
    Die Flamme grün, schwach sichtbar. In den letzteren Fällen waren die helleren Projectionen und Schatten des Prismas immer unkenntlich.

35. Zwei grüne und zwei rothe Gläser:
Vollkommen undurchsichtig.
36. Zwei grüne und drei gelbe Gläser:
Die Flamme gelbgrün, die helleren Projectionen grünlich, die Schatten rosa, schwach sichtbar.
37. Zwei grüne, ein rothes und ein gelbes Glas:
Die Flamme blaugrün.
38. Zwei grüne, ein rothes und zwei gelbe Gläser:
Die Flamme grau.
39. Zwei grüne, ein rothes und drei gelbe Gläser:
Die Flamme dunkelgrau, schwach sichtbar.
40. Zwei blaue und ein rothes Glas:
Die Flamme purpurroth, die Schatten gelbgrün, schwach sichtbar.
41. Zwei blaue und drei rothe Gläser:
Die Flamme dunkelpurpurroth.
42. Zwei blaue, ein rothes und drei gelbe Gläser:
Die Flamme dunkelpurpurroth.
43. Ein blaues, ein grünes und ein rothes Glas:
Die Flamme grau, schwach sichtbar.
44. Ein blaues, ein grünes und zwei rothe Gläser:
Vollkommen undurchsichtig.
45. Zwei blaue, ein grünes und ein rothes Glas:
Vollkommen undurchsichtig.
46. Ein violettes und drei rothe Gläser:
Die Flamme kirschroth, die Schatten lauchgrün.
47. Ein violettes, drei rothe und drei gelbe Gläser:
Die Flamme blutroth.
48. Ein violettes und ein grünes Glas:
Die Flamme graublau.
49. Ein violettes und zwei grüne Gläser:
Die Flamme grün.
50. Ein violettes, ein blaues und ein grünes Glas:
Die Flamme indigoblau.
51. Ein violettes, ein blaues und zwei grüne Gläser:
Vollkommen undurchsichtig.
52. Ein violettes, zwei blaue und ein grünes Glas:
Die Flamme dunkelindigoblau, schwach sichtbar.
53. Ein violettes, ein blaues, ein grünes und ein rothes Glas:
Vollkommen undurchsichtig.
54. Ein violettes, zwei grüne und ein rothes Glas:
Vollkommen undurchsichtig.

55. Ein violettes, zwei blaue und ein rothes Glas:
    Die Flamme dunkelblutroth.
56. Ein violettes, zwei blaue und drei rothe Gläser:
    Die Flamme dunkelblutroth.
57. Ein violettes, zwei blaue, drei rothe und drei gelbe Gläser:
    Die Flamme braunroth.

Nachweis der Citate.

---

1) Göthe's Werke, Gesammtausgabe. 40. Bd. S. 12.
2) Dove, Darstellung der Farbenlehre. Berlin, 1853. Müller. 8. S. 15 ff.
3) Ebendas. S. 123.
4) Schopenhauer, Parerga. Berlin, 1851. Hayn. 8. 2. Bd. S. 165.
5) Göthe's Werke, Gesammtausg. 40. Bd. S. 5—12.
6) Schopenhauer, über das Sehn und die Farben. 2. Aufl. Leipzig, 1854. Hartknoch. 8.
7) Göthe's Farbenlehre I. 2. S. 12. — Die angeführten Seitenzahlen beziehen sich auf eine ältere Ausgabe der Farbenlehre vom Jahre 1812, die bezüglichen Stellen werden jedoch hiernach auch ohne Schwierigkeit in den neueren Ausgaben aufzufinden sein.
8) Ebendas. I. 1. S. XXXVI. XXXVII. 27. 37.
9) Ebendas. II. 2. S. 37.
10) Ebendas. I. 2. S. 6.
11) Ebendas. II. 2. S. 117.
12) Dove, a. a. O. S. 123.
13) Göthe's Farbenl. I. 2. S. 47.
14) Ebendas. I. 2. S. 194.
15) Ebendas. I. 2. S. 135.
16) Ebendas. I. 2. S. 141.
17) Ebendas. I. 2. S. 99.
18) Ebendas. I. 2. S. 105.
19) Dove, a. a. O. S. 37. 39. 138. 142.
20) Göthe's Farbenl. I. 1. S. XXXVI. 83. 115. Erklär. zur 11. Taf. d. Abbild. S. 19.
21) Ebendas. I. 2. S. 10.
22) Ebendas. II. 2. S. 142.
23) Ebendas. II. 2. S. 145—151.
24) Ebendas. I. 1. S. 79.

25) Göthe's Farbenl. I. 1. S. 82.
26) Ebendas. I. 1. S. 51.
27) Ebendas. I. 2. S. 122.
28) A. v. Humboldt's Kosmos III. S. 13. 40—43.
29) Dove, a. a. O. S. 67.
30) Ebendas. S. 7.
31) Ebendas. S. 8.
32) Ebendas. S. 20—22.
33) Ebendas. S. 21.
34) Göthe's Farbenlehre II. 2. S. 112.
35) Ebendas. I. 1. S. 37.
36) Dove, a. a. O. S. 123.
37) Ebendas. S. 50.
38) Ebendas. S. 140.
39) Ebendas. S. 45.
40) Ebendas. S. 137.
41) Ebendas. S. 123.
42) Ebendas. S. 39.
43) Ebendas. S. 153.
44) Ebendas. S. 21. 50. 52.
45) Joh. Müller, Grundriß der Physik. 4. Aufl. Braunschweig, 1853. Vieweg. 8. S. 216. 226.
46) Ebendas. S. 229.
47) Joh. Müller, Lehrbuch der Physik (nach Pouillet). 2. Aufl. Braunschweig, 1844. Vieweg. 8. 1. Bd. S. 412.
48) Dove, a. a. O. S. 143.
49) Göthe's Farbenl. I. 1. S. 86.
50) Pouillet-Müller, Lehrbuch der Physik. 1. Bd. S. 596—614.
51) Dove, a. a. O. S. 146.
52) Ebendas. S. 88.
53) Müller, Grundriß d. Phys. S. 268.
54) Dove, a. a. O. S. 89.
55) Ebendas. S. 39.
56) Pouillet-Müller, Lehrbuch der Physik. 2. Aufl. 1. Bd. S. 415. — Es ist hier absichtlich die Darstellung der Frauenhofer'schen Linien nach einer älteren Auflage dieses Lehrbuchs gegeben, da in den neueren Auflagen — ob wohlweislich, möge dahingestellt bleiben — der charakteristische Wirrwarr der Frauenhofer'schen Linien nicht mehr abgebildet ist, sondern nur die einzelnen, mit Buchstaben bezeichneten Linien derselben innerhalb eines farbigen Spectrums, wodurch allerdings die Einsicht in die wahre Beschaffenheit dieser Linien weniger leicht gemacht wird, als durch die vollständige Darstellung derselben in den älteren Auflagen.
57) Dove, a. a. O. S. 77.
58) Ebendas. S. 11. 86.
59) Ebendas. S. 89.

60) Dove, a. a. O. S. 89.
61) Ebendas. S. 90.
62) Ebendas. S. 29.
63) Ebendas. S. 23
64) Göthe's Farbenl. II. 1. S. 320.
65) Schopenhauer, über das Sehn. S. 34.
66) Schopenhauer, über den Willen in der Natur. 2. Aufl. Frankfurt a. M., 1854. Herrmann. 8. S. 14.
67) Pouillet-Müller, Lehrbuch der Physik. 1. Bd. S. 517—529.
68) Dove, a. a. O. S. 14. 95.
69) Pouillet-Müller, Lehrbuch der Physik. 1. Bd. S. 517—529.
70) Dove, a. a. O. S. 93. 96.
71) Ebendas. S. 123.
72) Müller, Grundriß der Physik. S. 198. 199.
73) Schopenhauer, über das Sehn. S. 80 ff.
74) Ebendas. S. 3.
75) Göthe's Nachlaß. Bd. 10. S. 150. 152.
76) Göthe's Farbenl. Vorrede. S. XIV—XVII.
77) Ebendas. S. XII.
78) Schopenhauer, über das Sehn. S. 1.
79) Göthe's Farbenl. II. 2. S. 24.
80) Dove, a. a. O. S. 51.
81) Ebendas. S. 51.
82) Schopenhauer, Parerga. 2. Bd. S. 99.

Erklärung der Tafeln.

Taf. I. Fig. 1.

Stellt die Ansicht der Prismenbilder dar, wie sie dem Verfasser das erste Mal, bei Sonnenbeleuchtung, (am 8. August 1855 Mittags) erschienen. Es ist in diesem Falle nur der gelblich-rothe Saum eines Spectrums sichtbar, da, wegen der starken Abwärtsneigung der betreffenden Lichtprojection von der brechenden Kante des Prismas, der übrige Theil des Spectrums, an welchem der blaue Saum erschienen wäre, nicht mehr aus dem Prisma treten konnte. Bemerkenswerth sind die parallelen Streifen von kreideähnlichem Weiß auf dem einen der der Sonne zugewandten Spiegelbilder. Einen eigenthümlichen Anblick gewähren die kleinen Flächen hellen Lichts, welche, gleich Fenstern, auf dem weniger dunklen Schatten erscheinen.

Fig. 2.

Stellt die Bilder eines spitzwinkligen, ungleichschenkligen Prismas unter Lampenbeleuchtung dar. Die der brechenden Kante gegenüber befindliche Fläche des Prismas war matt geschliffen, daher an der letzteren keine Bilder bemerklich sind. An der der Lampe zugewandten Fläche war ein Seidenfaden, an der entgegengesetzten Fläche ein Ring von Cartonpapier befestigt. Das Bild mit dem doppelten Schatten des Seidenfadens ist ein primäres Spiegelbild, das mehr der Richtung der Lampe zugekehrte, mit dem einfachen Schatten des Seidenfadens, ein secundäres Spiegelbild der vorderen Fläche. Die Projection des durch das Prisma tretenden Lichts, kenntlich an dem Schatten des Ringes und des Seidenfadens, fällt theilweise über den Schatten des Prismas, wodurch sie in ein helleres und dunkleres Feld getheilt wird Die farbigen Säume zeigen sowohl bei der letzteren Projection, wie bei dem secundären Spiegelbilde, die gleiche Stellung zur brechenden Kante des Prismas.

Fig. 3.

Zeigt die genaue Uebereinstimmung der prismatischen Farbensäume mit der Ausdehnung der Nebenschatten. Um dies mit möglichster Bestimmtheit zur Anschauung zu bringen, waren Körper angewendet, deren Schatten eine auffallend verschiedene Form darbieten. Es war eine Schraube quer über die Lichtprojection des Prismas gelegt und unterhalb derselben ein kleiner Cylinder aufgestellt. Die feinen Nebenschatten, welche die kleinen Kernschatten des Schraubengewindes umgeben, zeigen sämmtlich auf der Seite der brechenden Kante den rothen, abwärts von der brechenden Kante den blauen Saum. Deutlicher lassen die größeren Schatten des Cylinders die Ordnung der Farbensäume wahrnehmen. In der Mitte liegt der farblose Kernschatten, an ihn schließen sich zu beiden Seiten die schmaleren dunkleren Nebenschatten, an diese die breiteren helleren Nebenschatten, neben denen die hellen Streifen gedrängten Lichts verlaufen. Die das Lichtfeld umfassenden Farbensäume zeigen dieselbe Ordnung der Farben an den durch die Kanten des Prismas gebildeten Nebenschatten.

Taf. II. Fig. 1 und 2.

Die Erklärung ist im Texte gegeben S. 60—63.

Taf. III. Fig. 1.

Dient zur Veranschaulichung des Verhaltens divergirender Lichtströme bei cylindrischen lichtbrechenden Körpern. Von dem Punkte a gehen divergirende Lichtströme nach dem cylindrischen lichtbrechenden Körper bced, welche beim Eintritt in diesen und beim Austritt aus demselben die dem Snellius'schen Brechungsgesetz entsprechende Ablenkung erfahren. Die Verlängerungen der aus dem Körper ausgetretenen Lichtströme treffen in dem Punkte a' zusammen, und die von dem letzteren ausgehenden Kegel bilden wieder ganz dieselbe Figur, wie die von dem Punkte a ausgehenden Kegel, weil die aus dem Körper tretenden Lichtströme mit den in denselben eintretenden parallel verlaufen. Divergirende Lichtströme bieten also beim Austritt aus cylindrischen lichtbrechenden Körpern wieder dieselbe Form wie beim Eintritt in dieselben dar und der Einfluß der brechenden Körper beschränkt sich in diesem Falle darauf, daß der Vereinigungspunkt der austretenden Kegel gegen den der eintretenden an eine andere Stelle gerückt erscheint.

Fig. 2.

Zeigt das Verhalten divergirender Lichtströme bei prismatischen lichtbrechenden Körpern. Von dem Punkte a gehen divergirende Lichtströme nach dem Prisma bcd, welche durch dieses nach dem Snellius'schen Gesetze gebrochen werden. Die Verlängerungen der aus dem Prisma getretenen Lichtströme fallen nicht mehr in einen Punkt

zusammen, sondern in die Punkte e, f und g, welche innerhalb einer einem Kegelschnitt entsprechenden Bogenlinie gelegen sind. Zur leichteren Uebersicht der Winkelverhältnisse sind die Grade, welche die ein- und austretenden Lichtströme mit den auf die betreffenden Prismenflächen errichteten Lothen bilden (wonach die Winkel der Brechung sich bestimmen) in Ziffern bezeichnet, woraus ersichtlich ist, erstens, daß die Richtung der austretenden Ströme zu einander eine ganz andere, als die der eintretenden Ströme, ist, und zweitens, daß mit der Entfernung von der brechenden Kante die Winkel der ersteren stetig an Größe zunehmen, wodurch in der Entfernung von der brechenden Kante b des Prismas, an der Seite h, eine viel stärkere Abwärtsneigung der austretenden Lichtströme gegen das Prisma herbeigeführt wird, als sie in der Nähe der brechenden Kante, an der Seite i, zeigen. Da diese mit Nothwendigkeit nach dem Snellius'schen Brechungsgesetz erfolgende Verschiedenheit in der Neigung der aus dem Prisma tretenden Lichtströme von Newton als der Ausdruck einer verschiedenartigen Brechung ausgelegt wurde, so unterliegt es keinem Zweifel, daß dem großen Mathematiker mit dieser Auffassung, auf welche seine ganze irrthümliche Farbenlehre gestützt ist, ein sehr erhebliches mathematisches Versehen begegnet war. Der wesentliche Unterschied lichtbrechender Körper von prismatischer Form gegen solche von cylindrischer Form besteht also darin, daß die vor dem Eintritt ins Prisma in einem Punkt zusammentreffenden divergirenden Lichtströme, nach dem Eintritt ins Prisma, dieses Zusammentreffen in einem Punkt nicht mehr, sondern eine Verschiebung innerhalb einer bogenförmigen Linie zeigen, dergestalt, daß mit der Entfernung von der brechenden Kante des Prismas zugleich auch die Abwärtsneigung der austretenden Lichtströme gegen dasselbe stetig zunimmt.

Taf. IV. Fig. 1.

Weist das Verhältniß der Schatten nach, durch welche die Ausdehnung der prismatischen Farbensäume bestimmt wird. Die von dem leuchtenden Körper A nach dem undurchsichtigen Körper bc kommenden Lichtwellen veranlassen den hinter diesem gelegenen Kernschatten n, die beiden zunächst an den letzteren grenzenden dunkleren Nebenschatten m und m' und die beiden helleren Nebenschatten l und l', an denen die hellen Streifen k und k' der gedrängten Lichtströmung verlaufen, welche von dem als Damm wirkenden undurchsichtigen Körper bc verursacht wird. Der Kernschatten n, welcher durch die Fortsetzung der Tangenten db und ec gebildet wird, erhält von keinem Theile des leuchtenden Körpers directes Licht. Die dunkleren Nebenschatten m und m', gebildet durch die Fortsetzungen der Linien db und ib, ec und

i'c erhalten directes Licht nur aus den Regionen des Randes vom leuchtenden Körper, welche, durch die Linien hi und h'i' bestimmt, ungefähr dem sechsten Theil des durch den Mittelpunkt a des leuchtenden Körpers A quer durchgelegten Durchmessers hh' entsprechen. Die helleren Nebenschatten l und l', gebildet durch die Fortsetzung der Linien ib und gb, i'c und fc, erhalten directes Licht von dem ganzen leuchtenden Körper, mit Ausnahme der Randregionen, in der Richtung vom Mittelpunkt des leuchtenden Körpers aber nur auf einer Linie.

Fig. 2.

Giebt eine Abbildung der Frauenhofer'schen Linien nach dem Pouillet-Müller'schen Lehrbuch der Physik.

Fig. 3.

Eine Abbildung der vermeintlichen Wellenlängen der Farben nach demselben Lehrbuch. Die durch die Anfangsbuchstaben der Farben bezeichneten Reihen der Wellen zeigen die Zunahme an Größe vom Violetten zum Roth aufsteigend, welche durch die unterhalb angegebene Curve mathematisch bestimmt ist.

Fig. 4.

Zeigt die Wellen der sieben Farben in Colonne geordnet, welche, wiewohl einen Kegel darstellend, nach den physikalischen Lehrbüchern, die kugelförmige Welle des farblosen Lichts bewirken soll, vermuthlich in Uebereinstimmung mit der Newton'schen Klausel, daß unter Kreis oder Kugel eben das gemeint sei, „was nicht rund ist."

Druck von G. Bernstein in Berlin, Mauerstraße 53.

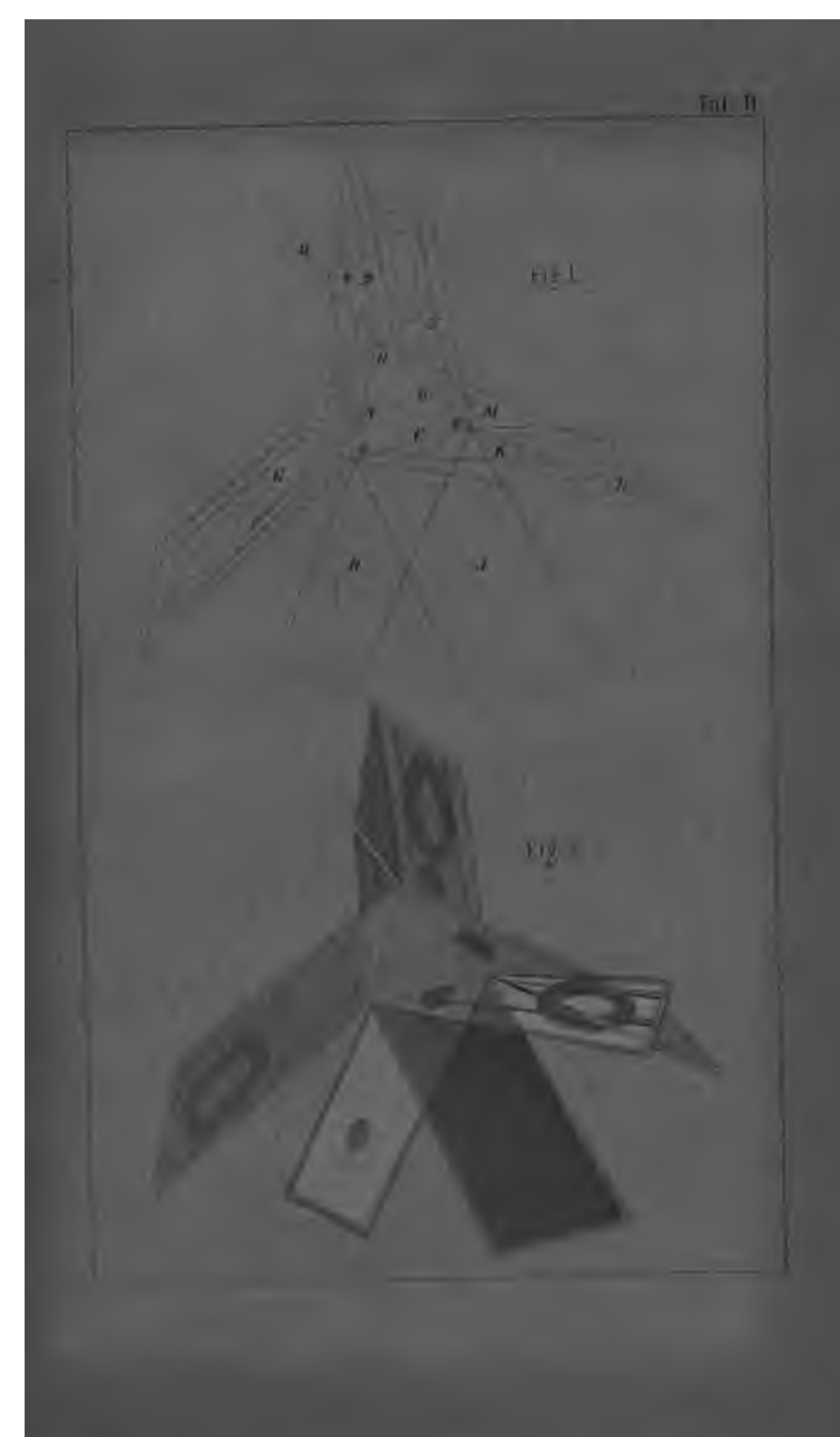
Taf. I.

Fig. 1

Fig. 3

Fig. 2




Fig. 1.
Fig. 2.



Taf. III.

Fig. 1.

Fig. 2.





